

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 自然科

081519

它抓得住我？—紋路對摩擦力的影響

學校名稱：臺南縣永康市崑山國民小學

作者： 小六 陳衍廷 小六 陳奕婷 小六 陳怡茜 小六 童雯蘭 小六 程瑞琦 小六 洪文婕	指導老師： 張良誠、姚秀宜
---	------------------

關鍵詞：摩擦力、胎紋

# 它抓得住我？ — 紋路對摩擦力的影響

## 摘要：

六年級上學期自然科第四單元談到了摩擦力的問題，在習作提到腳踏車輪胎磨平了為什麼需要換新車胎？答案是「車胎磨平了，它和路面間的摩擦力變小。」，我們發覺很奇怪，於是針對這個問題以路面的材質、物體的接觸面性質（有無紋路）、接觸面積大小、紋路方向和潮溼的路面等實驗來進行，結果發現：有紋路的輪胎在粗柏油、水泥路面等不平和凹凸路面上，由於有形變的情形，所以摩擦力較大，這是大家所認知的，但是在無明顯的形變情形下，相同的輪胎材質，有紋路和無紋路的輪胎，摩擦力是沒有很大的差異性；此外，在沒有形變的情形下，摩擦力和接觸面的大小沒大關係，有水時車胎和路面間的摩擦力會變小，而紋路方向對摩擦力的影響，以直線紋路的摩擦力較小。所以課本所提的無胎紋摩擦力會變小是有問題的。

## 一、 研究動機：

六年級上學期自然科第四單元談到了摩擦力的問題，在習作的部份提到腳踏車輪胎的胎紋，沒有胎紋了代表車胎和路面間摩擦力變小，經由課程中的實驗和老師的介紹，讓我們對摩擦力有了初步的認識，但也令我們心中有了疑問，為什麼同樣在路面上相同的輪胎，有胎紋就能有更大的摩擦力，「胎紋」的主要目的是什麼？於是我們決定進行有關「胎紋」對摩擦力的影響為主題的研究。

## 二、 研究目的：

輪胎上面的胎紋是不是決定摩擦力大小的關鍵因素，在相同的輪胎材質上，一個有胎紋一個無胎紋，對摩擦力的影響是否為主要設計的因素，摩擦力是否會因為輪胎有無紋路或還有其他外來因素而受影響，以下我們針對有無胎紋比較摩擦力大小，再針對潮溼的路

面、地面的材質、輪胎與地面的接觸面積，以及紋路的形狀（斜紋、橫紋與直紋）等四個因素分別做實驗，探討其中的關聯性：

1. 有無胎紋的車胎對摩擦力之影響？
2. 胎紋在潮溼之路面對摩擦力之影響？
3. 胎紋在不同材質之地面對摩擦力之影響？
4. 胎紋在不同接觸面積對摩擦力之影響？
5. 胎紋之斜紋與平紋對摩擦力之影響？

### 三、 研究器材：

彈簧秤、腳踏車胎、繩子、泥土、砂紙、油、砝碼、繩子、橡皮擦。

### 四、 研究方法和過程：

#### 實驗一、有無紋路的車胎，對其摩擦力大小有什麼影響？

**研究假設：**在課本提到摩擦力大小和接觸面的性質有關，而相同的輪胎，材質相同，應該會有相同的摩擦力。

**研究方法：**實際拿了輪胎，將輪胎剪下一部份，以相同的輪胎，一個用砂紙磨平（如圖 1-1），一個有紋路（如圖 1-2），綁上線上，放入不同重量的砝碼，分別是 50、100、150、200 克，再利用彈簧秤拉動輪胎一小段距離，使其等速前進（動摩擦力），看看彈簧秤顯示是多少的力量，因為實驗時可能有誤差，受於器材的限制，我們以五次的實驗取得平均值，再做後續的探討。（圖 1-3、圖 1-4 為實驗花絮照片；圖 1-5 為分析折線圖）



圖 1-1



圖 1-2



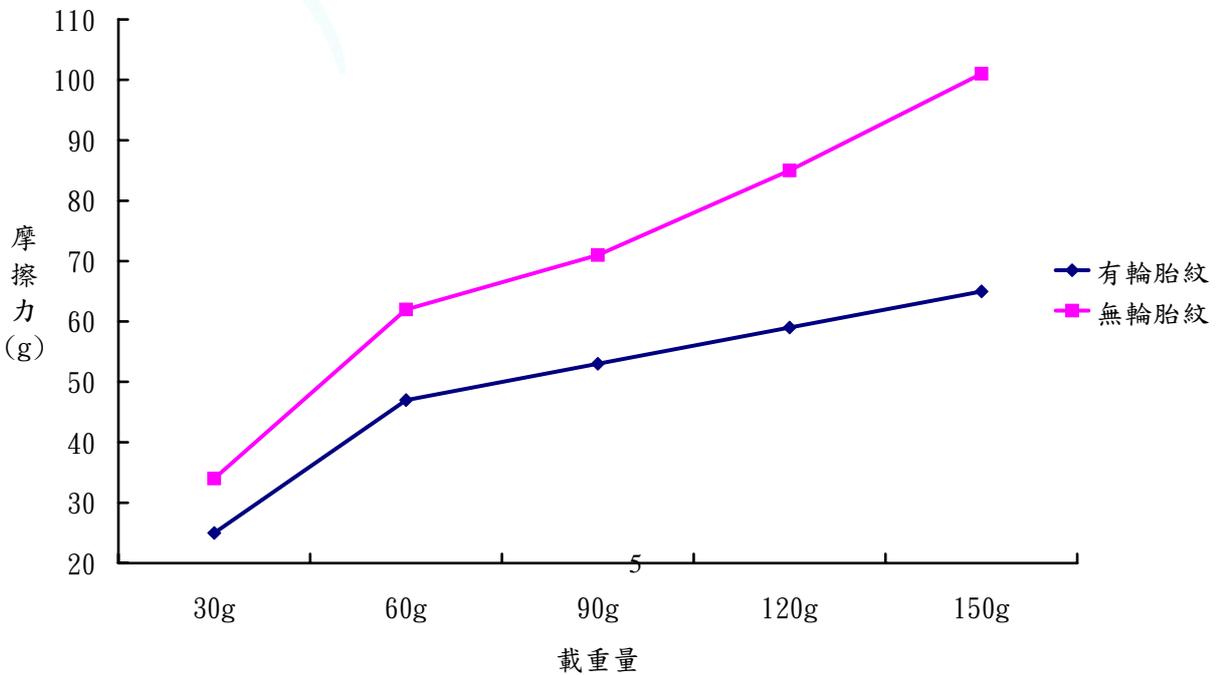
圖 1-3



圖 1-4

表 1-1 有無輪胎在不同載重量產生摩擦力大小 單位：公克 (g)

載重量	30g	60g	90g	120g	150g
胎紋					
有輪胎紋	25	47	53	59	65
無輪胎紋	34	62	71	85	101



### 研究結果:

由表 1-1 的數據發現，在不同載重的輪胎中，沒有胎紋的摩擦力比有胎紋的摩擦力大。

### 待答問題:

由實驗一的結果發現，沒有胎紋的摩擦力反而比有胎紋摩擦力大，這些結果與一般人的想法不同，到底是什麼原因使這個結果與大家的認知有所不同，是因為測量不準、模擬不適當而使實驗產生誤差，還是真的是無胎紋比有胎紋的摩擦力呢？所以我們進一步的探討改進方法和測量方式，了解其中的原因為何？

## 實驗二-1：改變測量方式測量有無胎紋對摩擦力之影響？

### 研究問題:

由實驗一的結果發現，沒有胎紋的摩擦力反而比有胎紋摩擦力大，這些結果與一般人的想法不同，到底是什麼原因使這個結果與大家的認知有所不同，所以我們進一步的探討，是否為實驗上的誤差？原本以彈簧測試摩擦力，由於是測試拉動一段距離後記錄其數值，經老師說明應屬於動摩擦力的範圍，但測試過程中發現彈簧秤會有晃動的情形，覺得不甚客觀易產生誤差，為了使本實驗更加的準確，與老師討論在設計出另一個測試的方法(實驗二)。

### 研究過程方法:

為使實驗更接近實際的結果，我們改變了實驗的作法，將輪胎切一段，黏貼在幻燈片盒上，一個有胎紋，一個無胎紋，逐次加入不同重量的砝碼，以一個平面斜板慢慢由一邊抬起，待其瞬間滑落時（最大靜摩擦力），依滑落高度比較有無紋路其摩擦力的大小（高

度越高摩擦力越大），我們測量求得五次平均值，以了解不同的測量方式的差異。最後我們再利用下滑高度對斜面長度比值與物體重量乘積，求出物體斜面下滑的最大靜摩擦力。

表 2-1 不同的重量在斜板（鐵板）上的摩擦力大小

載重量 胎紋	50g (含載具 30 克)	70g	90g	110g	130G	150G	180G
有輪胎紋	41.31	60.33	74.22	93.74	114.95	120.62	156.12
無輪胎紋	44.15	60.86	77.43	97.73	116.44	123.36	156.39

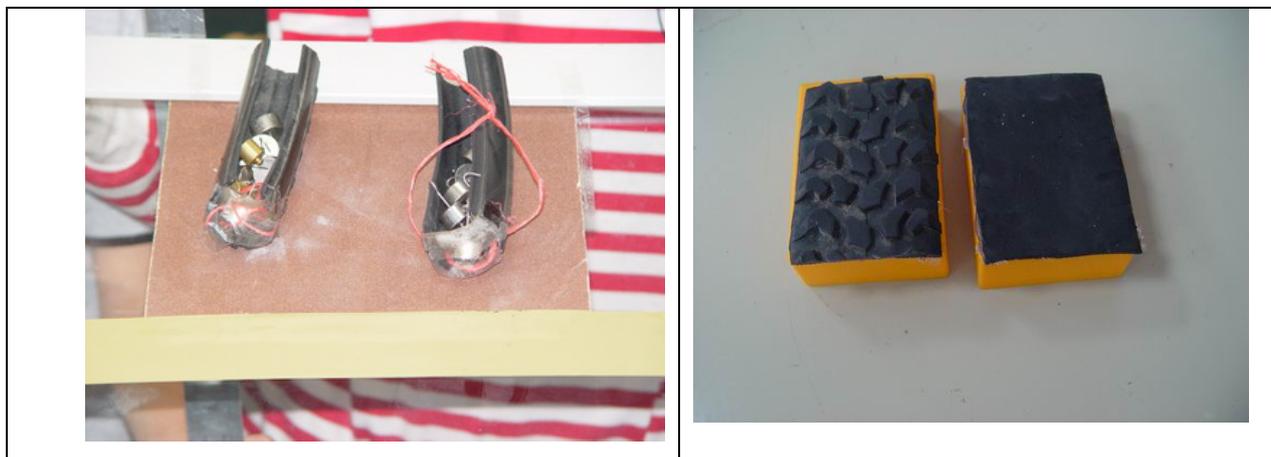
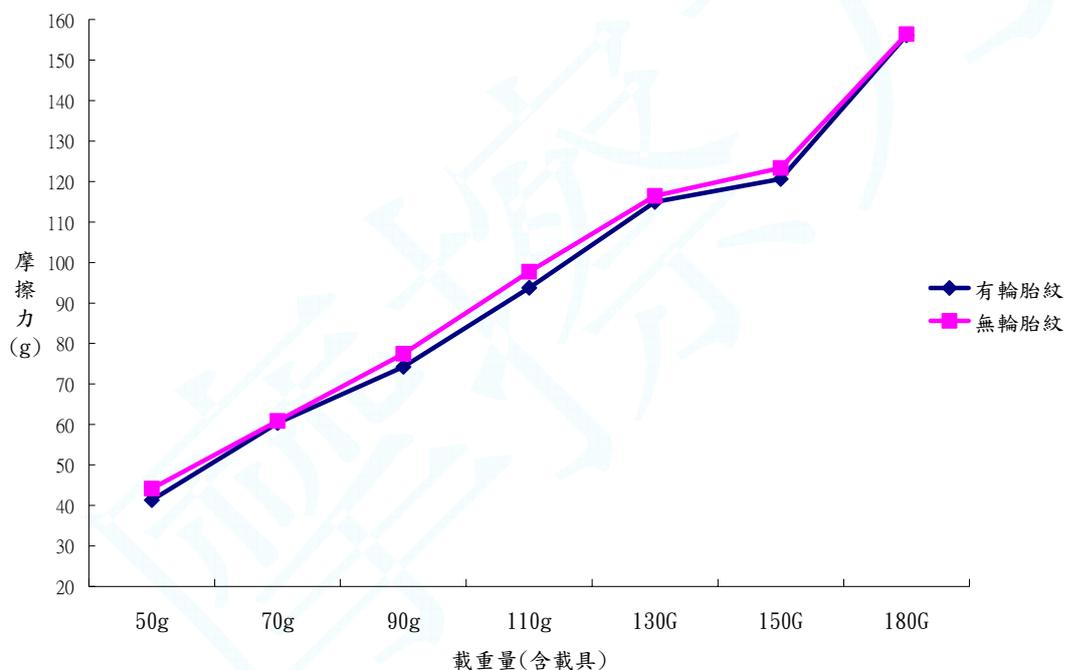


圖 2-1 初次實驗用的方式

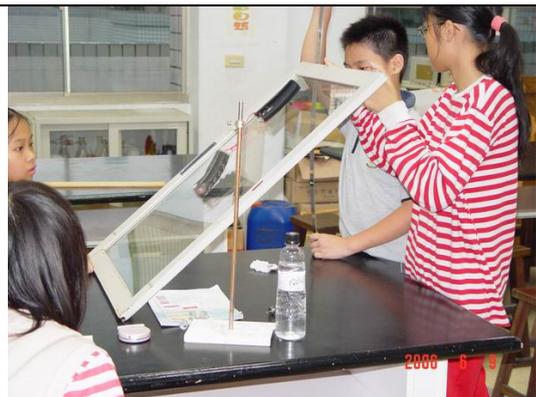


圖 2-2 改良後的使用方式



圖 2-3 使用玻璃實驗用的方式



圖 2-4 使用砂紙的實驗過程



圖 2-5 測量高度以計劃胎紋的摩擦力為何



圖 2-6 實驗進行中輪胎易滾動，造成誤差。



圖 2-7 測量輪胎的物體的重量

圖 2-8 使用相同重量來實驗



圖 2-9 以同樣的高度測量那一個先落下



圖 2-10 比比看那一個摩擦力較好

### 研究結果:

1. 由實驗結果得知，無胎紋的摩擦力平均的結果比有胎紋的摩擦力大，而這些差距都  
很小。
2. 當使用的重量愈大時，發現兩者的摩擦力更接近，也就是下落的高度越相近。
3. 在實驗的過程發現有時實驗的結果差異頗大，可能是有灰塵、靜電或表面光滑度不  
一致等因素的影響。

## 實驗二-2 改變斜板面的材質，是否對摩擦力有影響？

### 研究問題:

由實驗二的結果發現，我們在實驗時是利用鐵片烤漆的材質，實驗時鐵片有時會有吸  
附的現象，而且好像有黏性一樣，爲了避免誤差，再進一步的加上紙張，減低這些問題的  
發生，讓實驗的誤差降到最低。

### 研究過程方法:

爲使實驗更接近實際的結果，我們改變了實驗的作法，在鐵板上加上一張紙張，看看能否降低實驗上的誤差，方法同實驗二。

表 2-2 不同的重量在加上紙張的斜板上的摩擦力大小

載重量	50g (含載具 30 克)	70g	90g	110g	130G	150G	180G	230
胎紋								
有輪胎紋	34.77	48.27	64.78	80.11	96.73	116.20	137.40	172.72
無輪胎紋	34.77	48.27	64.78	80.11	95.54	116.20	137.60	172.72

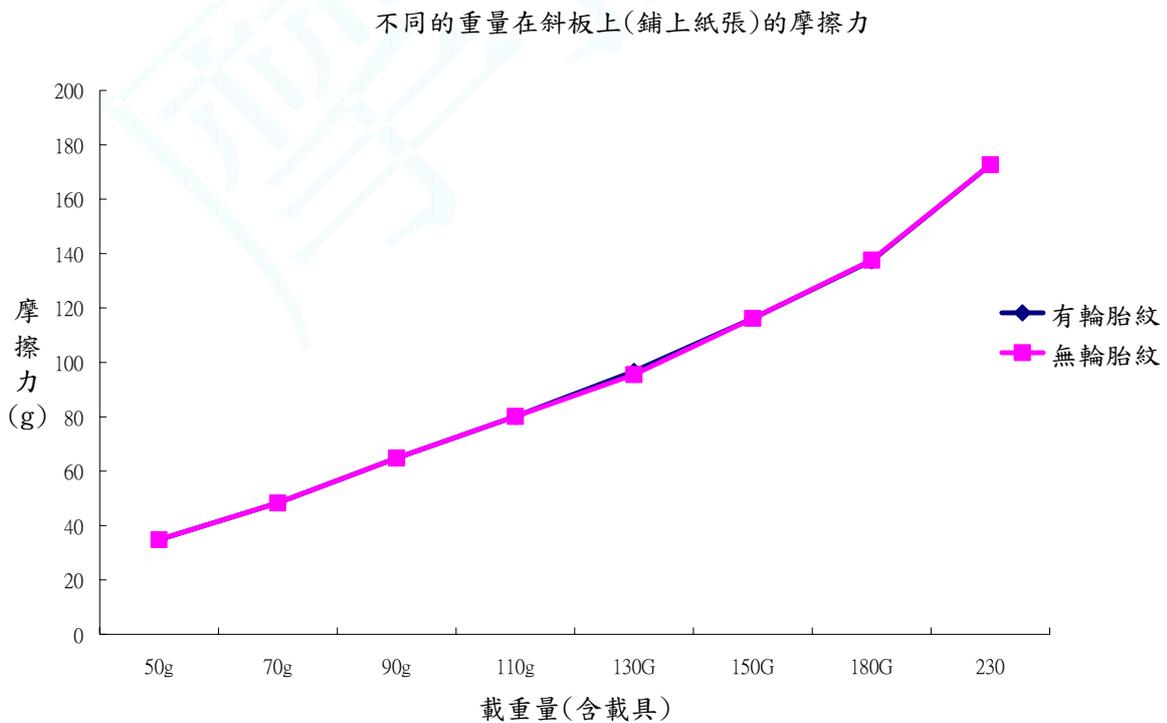




圖 2-11 加上紙張進行測量



圖 2-12 測量高度的情形



圖 2-13 加上不同重量的結果



圖 2-14 重覆的測量取得較準確的數據

### 研究結果：

1. 由實驗過程中發現在斜板上加上紙張的實驗，明顯比上個實驗斜板是鐵板材質的摩擦力更小。
2. 從紙張的實驗中，我們發現有胎紋和無胎紋的摩擦力，其差異很小，也就是有紋路和無紋路對摩擦力的產生沒有很大的影響。

### 待答問題：

由於實驗結果是無胎紋的摩擦力比有胎紋沒有明顯差異，爲了探討是否還有其他因素影響摩擦力的大小，所以接下來我們針對乾溼路面、路面的材質、接觸面積的大小、和紋路的方向進一步的探討。

### 實驗三：胎紋在潮溼之路面對摩擦力的影響

**研究假設：**由文獻資料發現胎紋的作用主要在於排水，所以在有水時輪胎能有利於排水，使輪胎對路面的摩擦力不至於降低而打滑，潮溼之路面對摩擦力有影響。

**研究方法：**實際拿了輪胎，將輪胎剪下一部份，以相同的輪胎，一個有紋路，一個用砂紙磨平，綁上線上，放入不同重量的砝碼，分別是 100、200、300、400、500 克，放在潮溼有水的材質上，利用彈簧秤拉動輪胎，使其等速滑動，看看彈簧秤顯示是多少的力量，因為實驗時可能有誤差，受於器材的限制，我們以五次的實驗取得平均值。

表 6-1 乾溼路面與有無胎紋摩擦力之比較 單位：公克 (g)

	載重量	100g	200g	300g	400g	500g
	水量					
有胎紋	有水	90	180	260	340	420
	無水	120	230	290	365	440
無胎紋	有水	110	230	280	380	480
	無水	120	210	320	420	500

圖2-1 乾溼路面有無胎紋之摩擦力比較

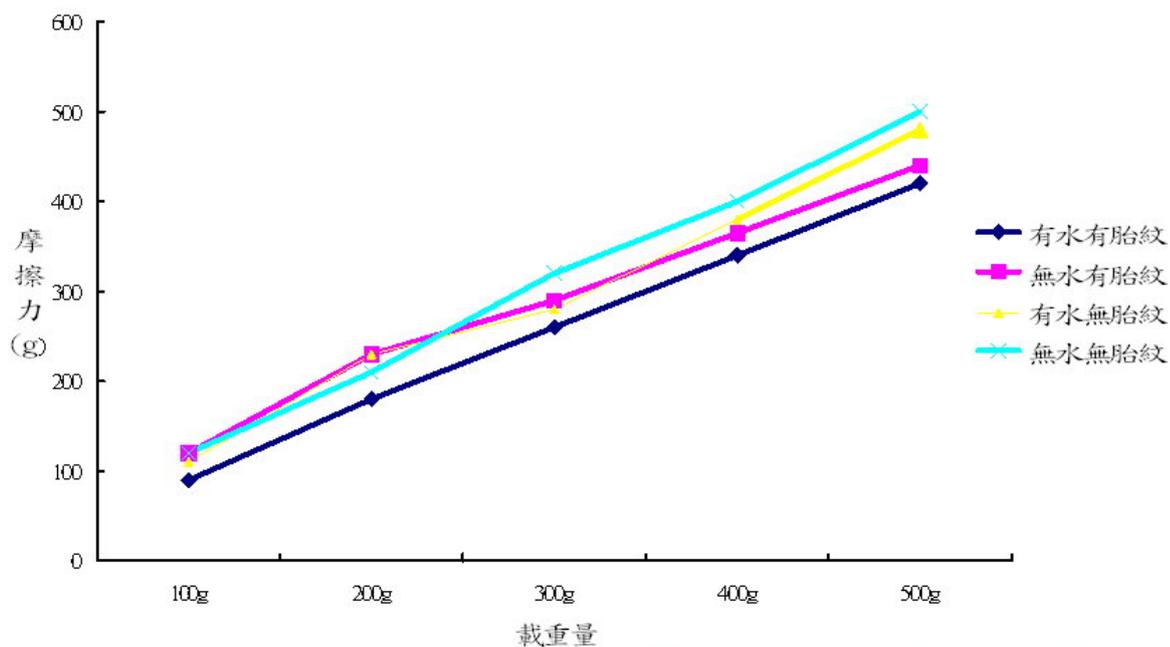


圖 6-2 潮濕之路面對摩擦力有影響



圖 6-3 潮濕之路面對摩擦力有影響

### 實驗結果：

1. 在潮溼的路面，有水的情形下，有無紋路的車胎和路面間的摩擦力都會比無水的情形下小，故無水的情形下摩擦力較大。
2. 在無胎紋和有胎紋的情形下，無胎紋的摩擦力比有胎紋的摩擦力大。

## 實驗四：胎紋在不同材質之地面對摩擦力之影響

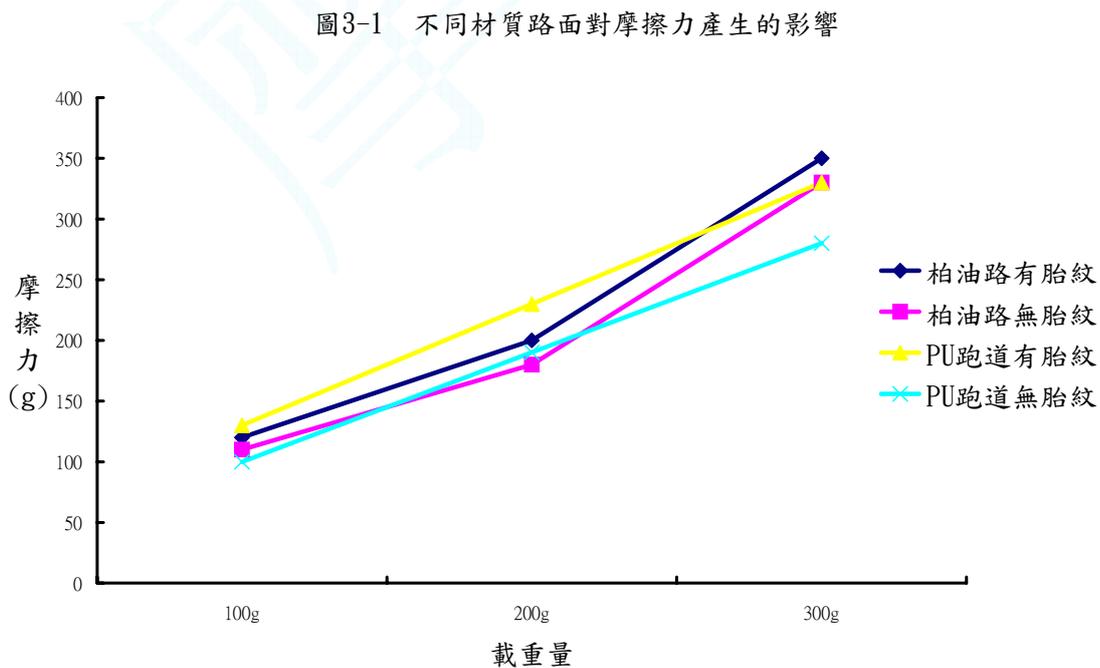
研究假設：柏油路、PU 跑道、水泥路、泥土等不同材質的地面對摩擦力有影響。

研究方法：實際拿了輪胎，將輪胎剪下一部份，以相同的輪胎，一個有紋路，一個用砂紙磨平，綁上線上，放入不同重量的砝碼，分別是 100、200、300 克，放在這四種路面上，利用彈簧秤拉動輪胎，使其等速前進，看看彈簧秤顯示是多少的力

量。

表 6-1 不同材質的路面對摩擦力所產生的影響 單位：公克 (g)

	柏油路			PU 跑道		
載重量	100g	200g	300g	100g	200g	300g
有胎紋	120	200	350	130	230	330
無胎紋	110	180	330	100	190	280



### 實驗結果：

1. 在不同的路面上，載重量較大時，柏油路的摩擦力是最大的，其次是 PU 跑道，最不好的沙子，主要是沙子容易滑動，造成和地面的摩擦力變小。
2. 有無胎紋對摩擦力的影響較大，在任何情況的路面上皆有明顯之差別，有胎紋和無胎紋所產生的摩擦力不同。

## 實驗五：胎紋在不同接觸面積下對摩擦力之影響

**研究假設：**摩擦力和接觸面積是沒有關係的。

**研究方法：**原先利用橡皮筋當成輪胎，但是因為橡皮筋會有拉動延伸的情形，會造成實驗的誤差，所以再使用橡皮擦，但是橡皮擦在連接上不平整，易導至橡皮擦會有形變，所以我們再利用砂紙，切出不同的面積，試試看不同的接觸面積是否會受到影響。

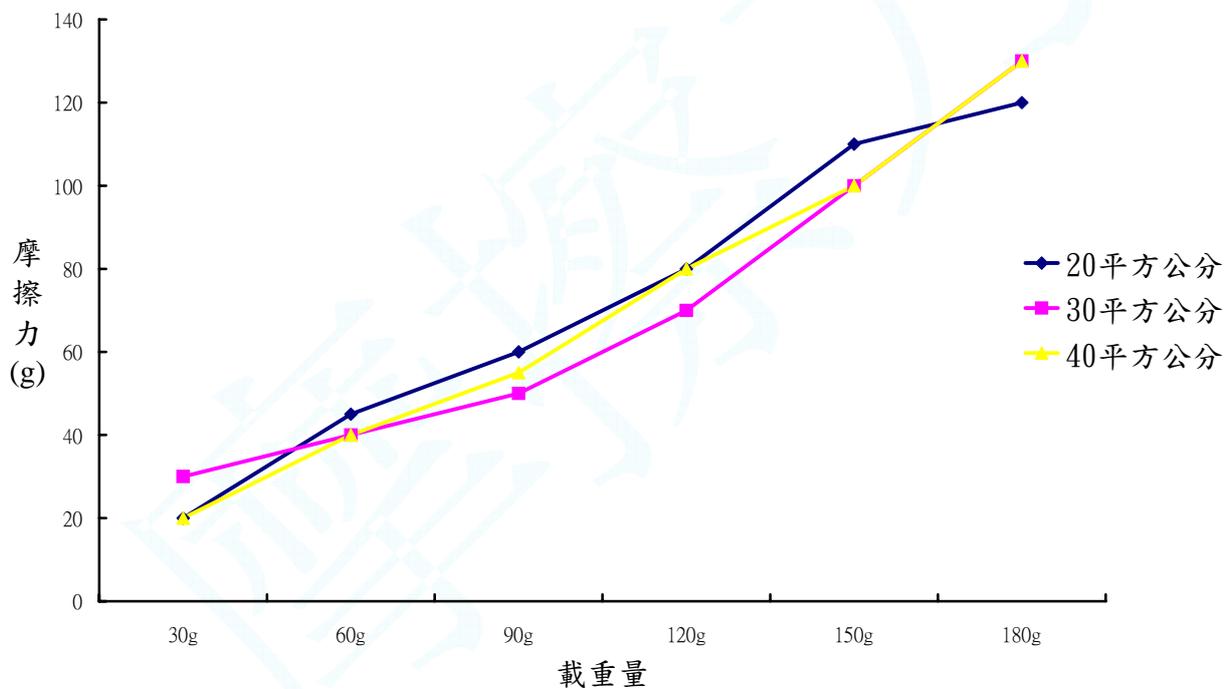
表 6-1 不同接觸面積對摩擦力所產生的影響

單位：公克 (g)

砂紙之面積 (cm<sup>2</sup>)

	30g	60g	90g	120g	150g	180g
20cm <sup>2</sup>	20	45	60	80	110	120
30cm <sup>2</sup>	30	40	50	70	100	130
40cm <sup>2</sup>	20	40	55	80	100	130

圖4-1 不同接觸面積對摩擦力之影響



**實驗結果：**

1. 在不同的接觸面積會有不同的結果，但整體而言差異並不多，也就是在沒有形變的情形下，摩擦力跟物體的接觸面積的大小沒有太大關係。

## 實驗六：胎紋之斜紋、橫紋與直紋對摩擦力之影響

**研究假設：**胎紋之形狀（斜紋、直紋與橫紋）對摩擦力有影響。

**研究方法：**由網路資料發現，胎紋的作用有排水和增加抓地力，主要的作用是排水。所以我們以不同的紋路來進行實驗，看看紋路方向對於地面的摩擦力作用為何，不同方向的紋路產生摩擦力大小有何不同？



圖 6-1

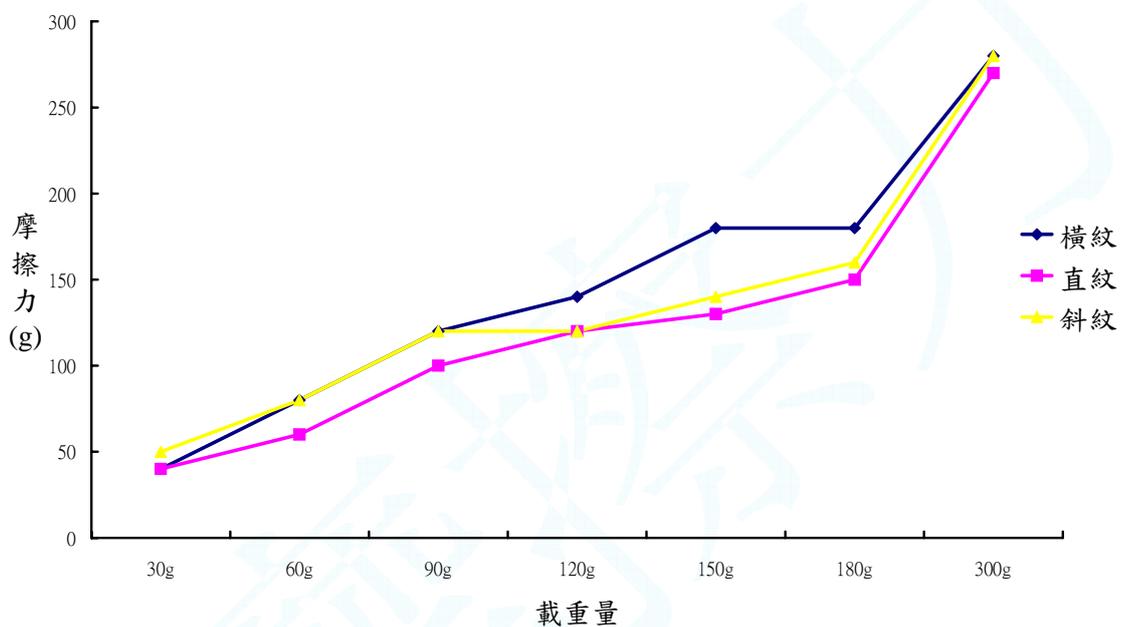


圖 6-2

表 6-1 不同紋路對摩擦力所產生的影響 單位：公克（g）

	30g	60g	90g	120g	150g	180g	300g
橫紋	40	80	120	140	180	180	280
直紋	40	60	100	120	130	150	270
斜紋	50	80	120	120	140	160	280

圖5-1 不同方向紋路對摩擦力之影響



### 實驗結果：

1. 在不同的紋路實驗結果，橫紋稍大於其他，直紋的效果較小。相同的橫紋的摩擦力較大。
2. 橫紋會因為地面的形變，在實驗時會造成阻力瞬間變大，故實驗時易翻車，相對的摩擦力亦變大，而直紋在拖行時比較順暢。

## 五、結 論：

1. 研究發現輪胎的摩擦力探討是很複雜的，我們將有形變無形變做一個區分，有紋路的輪胎在粗糙的路面上，由於有形變的情形，所以摩擦力較大。但是在輪胎無明顯的形變情形下，相同的輪胎材質，有紋路和無紋路的輪胎，摩擦力是沒有很大的差異性。我們最初實驗結果是無紋路的輪胎在平坦的路面上摩擦力較大，但是都在誤差的範圍內，故可視為無明顯差異。所以課本所提的無胎紋摩擦力會變小是問題的。
2. 同樣的物體，在沒有形變下，接觸的面積大小和摩擦力大小沒有影響。但是如果有形變發生，則面積越大摩擦力會越大。
3. 接觸路面愈粗糙，物體或路面有形變發生時，則物體和路面的摩擦力愈大。
4. 有水的情形下會使車胎和路面間的摩擦力降低。
5. 在不同的紋路實驗結果，橫紋產生的稍大於其他，直紋的摩擦力效果較小。

## 六、討 論：

1. 原本以彈簧測試摩擦力，由於是測試拉動一段距離後記錄其數值，經老師說明應屬於動摩擦力的範圍，但測試過程中發現彈簧秤會有晃動的情形，覺得不甚客觀易產生誤差，為了使本實驗更加的準確，與老師討論在設計出另一個測試的方法(實驗二)，此實驗由於是測試其瞬間滑落時的高度，故可視為最大靜摩擦力值。可以兩相比較，相互驗證實驗的準確性。
2. 本研究主要是針對一般摩擦力的問題，以及有紋路產生的效果，主要是針對課程所提到的輪胎有凹紋可以增加摩擦力進行探討。

3. 本研究主要在於釐清車胎的胎紋對摩擦力的影響，胎紋的作用是否則增加摩擦力，結果顯示胎紋對摩擦力是有重要的關係，但是在沒有形變的路面並不是用來增加摩擦力，在相關的研究資料顯示胎紋主要的作用在於增加排水速度，所以在有水時輪胎能更有效的排水，使輪胎對路面的摩擦力不致於降低。
4. 本研究主要在於研究摩擦力問題，但是摩擦力是很複雜的，特別是在接觸面積上的材質。
5. 此次的研究，我們覺得收穫甚多，因為在一次次的實驗過程中，會一直發現問題，所以我們必須不斷的討論、思考以嘗試解決問題，如測試方法的改變，就讓我們想了好久，而且學習到一些專有名詞，如動摩擦力、最大靜摩擦力、三角函數、誤差範圍等，讓原本似乎有些枯燥乏味的課程，變成了有趣的腦力激盪，如果我們能得獎那又是另外一個很大的收穫。

## 七、參考書目：

1. 自然與生活科技 第十二冊 南一：台南。
2. 摩擦力介紹 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/class/demolab/modules/摩擦力/摩擦力.html>
3. 輪胎的胎紋 [http://www.wretch.cc/blog/miler&article\\_id=3642668](http://www.wretch.cc/blog/miler&article_id=3642668)

評 語

081519 它抓得住我？-紋路對摩擦力的影響

1. 表達能力頗佳。
2. 研究內容很有趣，而可以思考改進的地方應再加強一點。
3. 參考報告可再補強。