

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國小-物理科

科 別：物 理 科

組 別：國 小 組

作品名稱：登峰造極— 四輪車的製作與爬坡奧秘

關 鍵 詞：四輪車、爬 坡、扭 力

編 號：080104

學校名稱：

臺北縣永和市網溪國民小學

作者姓名：

謝環宇、楊煌偉、黃毓棠、邱垂青、黃毓圃

指導老師：

李美霞、李秀真



登峰造極 —— 四輪車的製作與爬坡奧秘

一、摘要：

我們要用密集板、齒輪、馬達等原始材料，製作一部四輪車。並且研究如何讓四輪車走得直，且能爬到最高斜度。經由做中學，實際參觀訪問，及科學的研究歷程，我們得到下列主要結論：車輛要製作準確，車輪要磨圓，四輪位置要定得很正，馬達要對準，才能製作一部精緻、走得直的車。若要爬坡能力好，車輪要小且寬，輪胎要貼上摩擦力強的胎皮，車身要長，車頭要重於車尾，齒輪要裝上惰輪，馬達要四輪傳動，路面最好不要濕滑。再加上環保素材的美化，就能製作一部登峰造極，超炫的車。

二、研究動機：

我們自然研習營裡，毓棠、毓圃同學曾參加國立師範大學主辦的 2001 少年科技創作競賽，其中比賽項目之一，為一部四輪驅動車。比賽的方法，是讓車子在一定的斜坡軌道上，儘量直行，並且爬至最大斜度。這部車模樣非常可愛，又可自己隨意創作，毓棠把車子帶到學校時，引起同學強烈的興趣。又正好在六年級上學期的自然科教材裡，提到很多相關的簡單機械原理，例如：槓桿、輪軸、齒輪、斜面等，應用在日常生活及製造玩具上（牛頓版六年級上學期第 2、第 3 單元），我們在課堂也上過關於電的使用，電動機的製作，電的串聯、並聯等概念（牛頓版六年級上學期第 4 單元），這些概念正好可以應用在這部四輪車上。於是我們便以這部車為主題，組成研究小組，作進一步的研究。

三、研究目的：

- (一) 想自製一部能走得直，而且爬坡力又強的車。
- (二) 探討車輛增強爬坡力和哪些因素有關係呢？
- (三) 想利用環保素材，美化成一部很炫的車。
- (四) 培養創造思考，做中學，解決問題的科學精神和態度。

四、研究問題：

- (一) 如何製作一部能走得直的車？
- (二) 輪胎胎皮和爬坡力有關係嗎？
- (三) 車輪的大小、厚薄和爬坡力有關係嗎？
- (四) 馬達、齒輪的組裝狀況和爬坡力有關係嗎？
- (五) 路面（斜面）狀況和爬坡力有關係嗎？

(六) 哪些因素會影響車子向後翻呢？

五、研究器材及設備：

材料：密集板、木板、齒輪盒、各種齒輪、輪軸、電池槽、電池、小馬達、潤滑油、砂紙、黑色橡膠皮帶、絕緣膠帶、泡棉膠帶、雙面膠帶、汽球、螺帽、牛皮紙、瓦楞紙、橡膠軟墊。

工具：鐵鎚、鉗子、螺絲起子、剪刀、美工刀、直尺、三角尺、圓規、量角器、線鋸、鋸條、熱熔槍（膠）、手搖鑽。

六、研究過程：

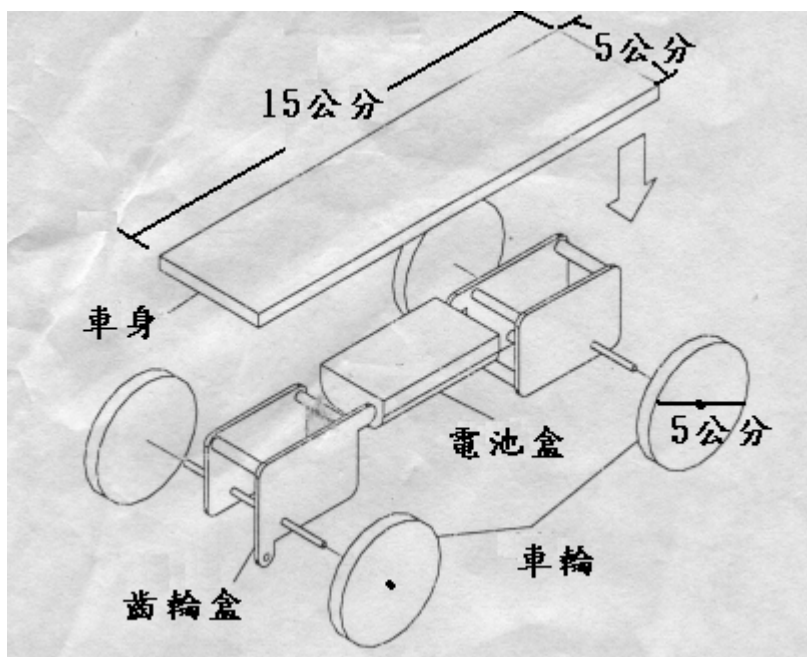
本研究分為兩部份：（一）探討如何製作一部精緻且能走得直的車。（二）研究增強車輛爬坡力的變因。

第一部份：如何製作一部精緻，能走直線的車。

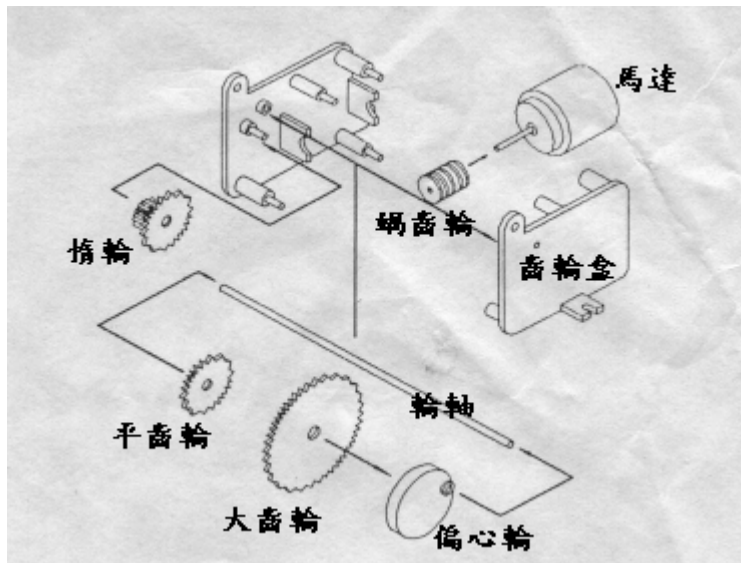
研究一：製作一輛會走的車

（一）製作方法與過程：（參考中華創意發展協會製作說明）

1. 先畫出設計圖如下：



2. 組裝並測試齒輪盒， 齒輪盒的組裝方式如下：



3. 畫車身尺寸在密集板上， 並用線鋸把它鋸下來。
4. 以圓規在密集板上畫出四個車輪尺寸， 線鋸鋸下， 並用砂紙磨過， 使車輪滑順， 並在圓心點， 用手工鑽鑽孔。
5. 為兩個齒輪盒配置電線和電池盒， 並測試輪軸轉動的方向是否一致。
6. 用熱熔槍把兩個齒輪盒黏到車身板上。
7. 用鐵鎚在輪軸兩側各打上一個平齒輪， 用來固定車輪。
8. 用熱熔槍把車輪黏到平齒輪上固定。
9. 固定電池盒在車身板上， 裝上電池測試、 調整， 完成。

(二) 發現討論：

車子經過一再的測試,調整，仍然很難走得直，我們發現有下列原因：

1. 車子製作不夠精細，鋸車身板及車輪困難，很難鋸得很準。
2. 四個車輪不完全一樣大，造成行走時顛跛、斜行。
3. 車輪固定時會晃動，前後輪無法完全在同一個平面上，會向內歪或外歪。
4. 齒輪盒黏歪了，連帶車軸也歪了。

(三) 想法

1. 鋸木板時，鋸子要和木板垂直，不可向內斜，且要盡量多預留一點空間，用砂紙磨的方式，慢慢磨準確。
2. 在車身板上畫中線，並準確的把齒輪盒位置畫出來，黏的時候對齊線，齒輪盒就不會歪。
3. 改善車輪固定的方法，製作一個四輪定位器來幫助四輪定位。

研究二：改善車子，使能走得直。

(一) 四輪定位器製作方法：

1. 取兩塊木板，長 30 公分，寬 5 公分，和四枝竹筷子。
2. 在木板的四個角落，離邊線 1 公分處，手工鑽各鑽一個洞。
3. 削整竹筷子，使剛好可以緊緊的塞過每一個洞。
4. 用竹筷撐開兩片木板的距離，使兩片木板始終維持相距 7 公分。
5. 再以熱熔膠補強洞口，固定筷子即完成。
6. 使用時，把定位器架在輪軸上，四個輪子的面均緊靠定位器木板，即可保持左右輪相距 7 公分，且不會歪。如下圖：



(二) 改善車子，再造一部車。

1. 照研究一想法，把車身、車輪細磨準確，並精準畫齒輪盒位置，使對齊一直線。
2. 照車子的製作程序造車。
3. 用四輪定位器固定車輪。
4. 測試直行能力。

(三) 結果：

1. 車輛大幅的改善直行能力。
2. 用四輪定位器，獲得不錯的效果。
3. 由於是手工製作，無法非常準確，所以沒辦法走得絕對直。

第二部份：研究增強車輛爬坡力的變因

目前我們已能製作一部頗精緻，能直行的車，但是它只能爬上 20 度斜面，因此我們想探討增強車輛爬坡力的因素。爲了實驗的方便，使能很快獲得正確角度的斜面，我們設計了一個斜面軌道，並且在開始實施爬坡實驗前，先多方收集資料，實地訪問、觀察，再根據收集來的資料，腦力激盪，共同討論，整理出相關的概念分析圖，再統整出

實驗變因。

研究三：車輛輪胎皮對爬坡的影響

(一) 方法：

1. 製作一部車，尺寸：車身長 15 公分，寬 5 公分，車輪直徑 5 公分。
2. 第一個實驗，保持原木板車輪，不加胎皮。第二個實驗，車輪黏上平滑的綁貨黑色橡膠繩當胎皮，第三個實驗，車輪黏上有紋路的橡膠胎皮，胎紋如右：(△▽△▽△▽) 實際照片如下：



3. 其他斜路面、馬力、電力供應等變因，全部保持相同。
4. 軌道斜面是木板。
5. 每個實驗測試三次，觀察並記錄爬坡狀況。

(二) 結果：

表 1： 有無胎皮、胎紋和爬坡力的關係

爬 坡 狀 況 胎 皮 紋	坡 度	10 度	15 度	20 度	25 度	30 度	35 度	排序
車輪無胎皮		✓	✓	✓	×	×	×	3
車輪有平滑胎皮		✓	✓	✓	✓	×	×	2
車輪有紋路胎皮		✓	✓	✓	✓	✓	×	1

※註：測試三次，「✓」代表三次均能爬到頂端，「△」代表能勉強爬行，但無法達到頂端，「×」代表完全無法爬上斜坡。

爬坡能力： 車輪有紋路胎皮 > 車輪有平滑胎皮 > 車輪無胎皮

(三) 發現討論：

1. 車輪不加胎皮（木板切割成的）和木板斜面產生的摩擦力小，所以無法爬上坡度 25 度的斜面。
2. 車輪黏上胎皮，在黏貼技術上必須要精密細心，否則在行進中易脫落。
3. 我們發現同部車，在長時間一直行走或爬坡，車輪產生摩擦，胎皮摩擦生熱容易脫落。
4. 車子的爬坡能力，是由於車輪的摩擦力，和路面的反作用力，相互作用的關係（牛頓第二定律）
5. 實驗發現，輪胎上有斜紋，確實可增強抓地扭力，使爬坡力更好，難怪真實的車輛，輪胎都有胎紋，這和我們實際參觀訪問所得的結論相吻合。

(四) 想法：車輪加上胎皮能增加爬坡能力，那麼胎皮的材質,哪些是較佳的選擇呢？

研究四：輪胎皮的質材對爬坡的影響

(一) 方法：

1. 照研究三車輛尺寸，製作一部車。
2. 改變車輪胎皮，利用各種質材黏貼在車輪上。
3. 其他木板斜路面、馬力、電力供應等變因，保持相同。
4. 每個實驗測試三次，觀察記錄爬坡狀況。

(二) 結果：

表 2 胎皮質材和爬坡的關係

爬 坡 狀 況 胎 皮 材 質	15 度	20 度	25 度	30 度	35 度	40 度	45 度	50 度	55 度	排序
綁貨物平滑橡膠繩帶	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×	5
粗砂紙	✓	✓	✓	✓	△ 打滑	×	×	×	×	4
絕緣膠帶	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	△ 翻車	×	1
泡棉膠帶	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	△ 翻車	×	1
氣球	✓	✓	✓	✓	✓	△	×	×	×	3

※註：測試三次，「✓」代表三次均能爬到頂端，「△」代表能勉強爬行，但無法達到頂端，「×」代表完全無法爬上斜坡。

爬坡能力：泡棉膠帶 = 絕緣膠帶 > 汽球 > 砂紙 > 平滑橡膠繩

(三) 發現討論：

1. 橡膠繩胎皮平滑，和路面的摩擦阻力小，因此爬坡狀況差。
2. 絕緣膠帶和泡棉膠帶胎皮因具有黏附效果，產生的摩擦力更大，抓地力更強，因此爬坡能力強。
3. 泡棉膠帶和絕緣膠帶雖然附有黏性，若黏滿了灰塵，爬坡效果會受到影響，因此測試三次，每次都要更換胎皮。

(四) 想法：

由上面實驗，證明胎皮材質會影響爬坡力，而且我們發現，街道上一般的車輛，除了外胎以外，還具有內胎，也要用打氣，來增加彈性及厚度，因此我們想再進一步探討，胎皮厚薄對車輛爬坡能力的影響。

研究五：車輪胎皮厚薄對爬坡的影響

(一) 方法：

1. 照研究三，車輛尺寸，製作一部車。
2. 調整車輪胎皮，第一個實驗，輪先黏上一層綁貨橡膠繩作為內胎，外面套上汽球為外胎，成為較厚的胎皮；第二個實驗，車輪不具內胎，直接套上汽球，成為較薄的胎皮。
3. 其他木板斜路面、馬力、電力供應變因全部相同。
4. 每個實測試三次，觀察記錄爬坡狀況。

(二) 結果

表 3. 胎皮厚薄和爬坡力的關係

爬 坡 狀 況 胎 皮 厚 薄	坡 度 10 度	15 度	20 度	25 度	30 度	35 度	40 度	45 度	50 度	排序
汽球(外胎)加橡膠繩(內胎)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	1
汽球外胎(無內胎)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	△	×	×	2

※註：測試三次，「✓」代表三次均能爬到頂端，「△」代表能勉強爬行，但無法達到頂端，「×」代表完全無法爬上斜坡。

爬坡能力：厚胎皮(汽球加橡膠繩) > 薄胎皮(汽球)

(三) 發現討論

1. 汽球胎皮薄又平滑和路面的摩擦阻力少，因此爬坡狀況較差。

2. 汽球胎皮加上綁貨橡膠繩較厚，增加柔軟度及彈性，產生的抓地力較大，扭力好，因此爬坡能力較強。

(四) 想法

由上面實驗觀察，胎皮材質厚薄會影響爬坡能力，那麼輪的寬窄，和爬坡能力有關係嗎？

研究六：車輪的厚度(寬窄)對爬坡的影響

(一) 方法：

1. 照研究三車輛尺寸，製作一部車。
2. 調整車輪厚度，第一個實驗，車輪厚度為 0.6 cm，第二個實驗,車輪厚度為 1.2 cm。
3. 車輪胎皮均貼上平滑黑色橡膠皮帶，其他木板斜路面、馬力、電力供應變因全部相同。
4. 每個實驗測試三次，觀察記錄爬坡狀況。

(二) 結果：

表 4. 車輪厚度（寬窄）和爬坡力的關係

爬 坡 狀 況 車 輪 厚 度	10 度	15 度	20 度	25 度	30 度	35 度	排序
車輪厚度 0.6 cm	✓	✓	✓	✓	×	×	2
車輪厚度 1.2 cm	✓	✓	✓	✓	✓	×	1

※註： 測試三次，「✓」代表三次均能爬到頂端，「△」代表能勉強爬行，但無法達到頂端，「×」代表完全無法爬上斜坡。

爬坡能力：車輪厚度 1.2 cm > 車輪厚度 0.6 cm

(三) 發現討論：

比較厚的車輪（寬）穩定性大，接觸地面範圍大，抓地力強， 扭力大，因此爬坡力較強。

(四) 想法：

由以上實驗，證明車輪厚度，會影響爬坡能力。接著我們想探討輪框直徑大小和爬坡力有關係嗎？

研究七：車輪框直徑大小對爬坡的影響

(一) 方法：

1. 照研究三車輛尺寸，製作一部車。
2. 調整車輪直徑，第一個實驗，車輪直徑為 9 cm（大），第二個實驗，車輪直徑為 5 cm（中），第三個實驗，車輪直徑為 3 cm（小）。
3. 車輪胎皮均貼上平滑黑色橡膠皮帶，其他木板斜路面、馬力、電力供應變因全部相同。
4. 每個實驗測試三次，觀察記錄爬坡狀況。

(二) 結果：

表 5. 輪框直徑和爬坡力的關係

爬 坡 狀 況 輪 框 直 徑	10 度	15 度	20 度	25 度	30 度	35 度	排序
直徑 3 cm（小）	✓	✓	✓	✓	✓	×	1
直徑 5 cm（中）	✓	✓	✓	✓	×	×	2
直徑 9 cm（大）	✓	✓	✓	×	×	×	3

※註：測試三次，「✓」代表三次均能爬到頂端，「△」代表能勉強爬行，但無法達到頂端，「×」代表完全無法爬上斜坡。

爬坡能力：車輪直徑 3 cm（小）> 車輪直徑 5 cm（中）> 車輪直徑 9 cm（大）

(三) 發現討論：

1. 小輪圓周小，速度慢，轉動次數比大輪多，與地面摩擦確實且頻繁，因此扭力較好，爬坡力強。
2. 大輪圓周大，速度快，容易跳動，抓地不穩，扭力小，爬坡力弱。

(四) 想法：

由以上實驗，證明車輪直徑大小，會影響爬坡能力，那麼直接帶動車子前進的馬達、齒輪，組裝如果不同，會影響爬坡能力嗎？

研究八：馬達傳動組合對爬坡力的影響

(一) 方法：

1. 製作一部車，尺寸：車身長 15 公分，寬 5 公分，車輪直徑 3 公分。
2. 車輪黏上有紋路的橡膠胎皮，胎紋如右：(△▽△▽△▽)，其他木板斜路面、電力供應變因全部相同。

3. 第一個實驗，保留前二輪有馬達傳動，後二輪無動力，第二個實驗，保留後二輪有馬達傳動，前二輪無動力，第三個實驗保留四輪都有馬達傳動。
4. 每個實驗測試三次，並觀察記錄爬坡狀況。

(二) 結果：

表 6. 馬達傳動組合和爬坡的關係

爬 坡 狀 況 傳 動 組 合	10 度	15 度	20 度	25 度	30 度	35 度	40 度	45 度	50 度	55 度	排序
前二輪傳動	✓	✓	✓	✓	✓	✓	△	×	×	×	2
後二輪傳動	✓	✓	✓	✓	✓	△	×	×	×	×	3
四輪傳動	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	△	×	1

※註：測試三次，「✓」代表三次均能爬到頂端，「△」代表能勉強爬行，但無法達到頂端，「×」代表完全無法爬上斜坡。

爬坡能力：四輪傳動 > 前二輪傳動 > 後二輪傳動

(三) 發現討論：

1. 馬達四輪傳動，馬力最強，因此爬坡力最好。
2. 前二輪傳動，拉的力量，比後二輪傳動，推的力量強。

研究九：齒輪組對爬坡的影響

(一) 方法：

1. 取研究八實驗車，保持四輪傳動。
2. 第一個實驗，前後面都沒有惰輪，剩餘的齒輪，用熱熔膠黏在一起，保持傳動能力，第二個實驗，保持前後面都有惰輪。
3. 其他木板斜路面、電力供應變因全部相同。
4. 每個實驗測試三次，並觀察記錄爬坡狀況。

(二) 結果：

表 7 齒輪組合和爬坡力的關係

爬 坡 狀 況 齒 輪 組 合	10 度	15 度	20 度	25 度	30 度	35 度	40 度	45 度	排序
前後面都無惰輪	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×	2
前後面都有惰輪	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	1

※註：測試三次，「√」代表三次均能爬到頂端，「△」代表能勉強爬行，但無法達到頂端，「×」代表完全無法爬上斜坡。

爬坡能力： 前後都有惰輪 > 前後都無惰輪

(三) 發現討論：

1. 前後齒輪組都有惰輪，爬坡速度慢，但爬坡能力強。
2. 前後齒輪組都沒有惰輪，爬坡速度快，但爬坡狀況較差。
3. 齒輪組有惰輪，轉速慢，沒有惰輪，轉速快，因此要保持前後齒輪盒，組裝一致。
4. 在整個齒輪組合中，惰輪具有重要特殊功能，它可增強車子的扭力，有助於爬坡。

(四) 想法：

車子本身的條件會影響爬坡力，那麼路面狀況和車子的爬坡能力有關係嗎？

研究十：路面的凹凸或平坦，對爬坡的影響

(一) 方法：

1. 取研究八實驗車一部。
2. 第一個實驗，在斜面木板鋪上平滑牛皮紙，第二個實驗在斜面木板，鋪上凹凸的瓦楞紙作為不同路面的狀況。
3. 其他馬力、電力供應變因全部相同。
4. 每個實驗測試三次，觀察記錄爬坡狀況。

(二) 結果：

表 8. 路面的凹凸、平坦，和爬坡力的關係

爬 坡 狀 況 路 面	坡 度	10 度	15 度	20 度	25 度	30 度	35 度	40 度	45 度	50 度	55 度	60 度	排序
牛皮紙		√	√	√	√	√	√	√	△	×	×	×	2
瓦楞紙		√	√	√	√	√	√	√	√	√	△	×	1

※註：測試三次，「√」代表三次均能爬到頂端，「△」代表能勉強爬行，但無法達到頂端，「×」代表完全無法爬上斜坡。

爬坡能力： 鋪上瓦楞紙的路面 > 鋪上牛皮紙的路面

(三) 發現討論

鋪上瓦楞紙的路面，因有凹凸表面，它的作用類似高速公路上，或重要路段，

地面會鋪上白色凸起條紋，增加摩擦阻力，使車輛減速。但是在爬坡時，卻因阻力產生反作用力，而增強爬坡力。

(四) 想法：

1. 由前面的實驗，証實輪胎的材質，輪框的厚薄，輪直徑的大小，馬達、齒輪傳動的條件，路面和胎皮交互作用的情形，都會影響爬坡能力。但是我們也注意到，有些車子爬到50度左右，就會開始往後翻車，看起來並不是摩擦力不足，也不是扭力不夠，而是有其他的原因，到底是什麼原因呢？於是我們決定分頭去查資料，並且實地訪問爸爸、媽媽，及各種車輛的司機駕駛，還有修車廠叔叔，一起探討車子為什麼會向後翻車？
2. 整理資料及訪談歸納如下：
 - (1) 和車身長短有關？
 - (2) 大概是車輛太輕吧？
 - (3) 和載重物擺放的位置有關。
 - (4) 可能天雨路滑。

研究十一：車身長短對爬坡的影響

(一) 方法：

1. 製作三部車，第一部尺寸：車身長21公分，寬5公分，車輪直徑3公分。第二部尺寸：車身長15公分，寬5公分，車輪直徑3公分。第三部尺寸：車身長10公分，寬5公分，車輪直徑3公分。
2. 車輪胎皮均貼上泡棉膠帶，其他木板斜路面、馬力、電力供應變因全部相同。
3. 每次實驗要更換全新的泡棉膠胎皮。
4. 每個實驗測試三次，觀察記錄爬坡狀況。

(二) 結果：

表 9. 車身長短和爬坡力的關係

爬 坡 狀 況 車 身 長	10度	15度	20度	25度	30度	35度	40度	45度	50度	55度	60度	65度	70度	排序
21公分	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	△ 翻車	1
15公分	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	△ 翻車	×	×	2
10公分	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	△ 翻車	×	×	×	×	3

※註：測試三次，「✓」代表三次均能爬到頂端，「△」代表能勉強爬行，但無法達到頂端，「×」代表完全無法爬上斜坡。

爬坡能力： 車身長 21 公分 > 15 公分 > 10 公分

(三) 發現討論：

1. 車長 21 公分的車子，竟然可以爬到 65 度，到 70 度才翻車，性能之好，令人驚訝。
2. 車長 10 公分的車子居然只能爬到 45 度，和 21 公分的車相差好遠。
3. 車身越長越不會往後翻，我們推論是根據槓桿原理，以後輪為支點，車身長，力臂長，所以車頭用力較輕鬆，較不會往後翻。

研究十二： 車的重量對爬坡的影響

(一) 方法：

1. 製作一部車，尺寸：車身長 15 公分，寬 5 公分，車輪直徑 3 公分。
2. 車輪胎皮均貼上泡棉膠帶，其他木板斜路面、馬力、電力供應變因全部相同。
3. 每次實驗要更換全新的泡棉膠胎皮，
4. 裁取相同的磁磚二片，每片重量 73.3 公克，尺寸和車身板相同。
5. 第一個實驗，不加磁磚，以車子的原始重量 (132 公克) 實驗，第二個實驗，用熱熔膠黏一片磁磚在車身板上，第三個實驗，黏兩片磁磚在車身板上。
6. 每個實驗測試三次，觀察記錄爬坡狀況。

(二) 結果：

表 10. 車的重量和爬坡的關係

爬 坡 狀 況 車 總 重	坡 度	10 度	15 度	20 度	25 度	30 度	35 度	40 度	45 度	50 度	55 度	60 度	排序
不加磁磚 (132)g		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	△ (翻車)	1
加一片磁磚 (205.3)g		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	△ (翻車)	×	2
加兩片磁磚 (278.6) g		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	△ (翻車)	×	×	3

※註：測試三次，「✓」代表三次均能爬到頂端，「△」代表能勉強爬行，但無法達到頂端，「×」代表完全無法爬上斜坡

爬坡能力： 不加磁磚 > 加一片磁磚 > 加兩片磁磚

(三) 發現討論：

1. 平均載重下，車子越重爬坡能力越差，越容易往後翻。我們推論根據槓桿原理，以後輪為支點，車身長固定，力臂固定，車子越重，則往後翻的施力越

大。

2. 車輛重量仍然受到馬力和電力的影響，若重量超出負荷，車子會爬不上斜坡。

研究十三：車輛載重位置對爬坡力的影響

(一) 方法：

1. 製作一部車，尺寸：車身長 15 公分，寬 5 公分，車輪直徑 3 公分。
2. 車輪胎皮均貼上泡棉膠帶，其他木板斜路面、馬力、電力供應變因全部相同。
3. 每次實驗要更換全新的泡棉膠胎皮。
4. 第一個實驗不加螺帽，以車子的原始重量 (132 公克) 實驗，第二實驗用鐵線綁兩個螺帽在車頭 (每個螺帽重 40 公克)，第三個實驗綁兩個螺帽在車尾，(重量同前)。
5. 每個實驗測試三次，觀察記錄爬坡狀況

(二) 結果：

表 11. 載重位置和爬坡的關係

爬 坡 狀 況 載 重 位 置	坡 度 10 度	15 度	20 度	25 度	30 度	35 度	40 度	45 度	50 度	55 度	60 度	65 度	70 度	排序
空車	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	△ 翻車	×	×	2
車頭	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	△ 翻車	1
車尾	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	△ 翻車	×	×	×	×	×	3

※註：測試三次，「✓」代表三次均能爬到頂端，「△」代表能勉強爬行，但無法達到頂端，「×」代表完全無法爬上斜坡

爬坡能力：載重位置在車頭 > 空車 > 在車尾

(三) 發現討論：

1. 車尾載重會提早翻車，車頭載重爬坡能力更好，較不易翻車。我們推論，根據槓桿原理，以後輪為支點，車身長固定，力臂固定，車頭載重，可增加抵抗向後翻的力量；反之，車尾載重，則反而增加向後翻的力量。
2. 由實際參觀訪問，我們發現一般真實的貨車，車頭都比較重，載貨時也儘量把貨物放在車子的前端，這個現象和我們的實驗相吻合。

研究十四：路面濕滑對爬坡的影響

(一) 方法：

1. 製作一部車，尺寸：車身長15公分，寬5公分，車輪直徑3公分。
2. 車輪均貼上有紋路的橡膠胎皮，胎紋如右：(△▽△▽△▽)。
3. 斜面軌道鋪上橡膠軟墊。其他馬力、電力供應變因全部相同。
4. 第一個實驗，車子走在乾燥的軟墊上；第二個實驗，在軟墊上噴水，車子走在很濕滑的軟墊上。
5. 每個實驗測試三次，觀察記錄爬坡狀況。

(二) 結果：

表 12. 路面濕滑和爬坡的關係

爬 坡 狀 況 路 面	坡 度	10 度	15 度	20 度	25 度	30 度	35 度	40 度	45 度	50 度	排序
乾燥的		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	△ 翻車	1
濕滑的		✓	✓	✓	✓	✓	△ 打滑	×	×	×	2

※：測試三次，「✓」代表三次均能爬到頂端，「△」代表能勉強爬行，但無法達到頂端，「×」代表完全無法爬上斜坡。

爬坡能力：路面乾燥的 > 濕滑的

(三) 發現討論：

1. 路面濕滑時，車子較容易打滑，因此不易爬上比較高的斜坡。
2. 根據訪談蒐集資料得到結論，天雨路滑，如果車子開得快，比較容易打滑翻車；但是這種翻車，是因為摩擦力不夠，導致打滑側翻，而與前面實驗的後翻現象不同。因此車子如果行駛在濕滑的雪地上，車輪必須加裝鐵鍊增加摩擦力。

七、研究討論心得

- (一) 車子製作時，要精細、確實，這樣實驗結果才會準確。
- (二) 組裝齒輪盒時，必須細心，齒輪之間不能太緊或太鬆，太緊會卡住轉不動，太鬆則會空轉。如果組壞了，還得拆開重組，齒輪盒容易斷裂。測試時要注意加上潤滑油，但不能加太多，否則平齒輪會打滑，無法帶動車子。
- (三) 實驗時，車子只要一次能上頂端，三次都能上頂端。而沒有一次能上，其他次不能上的現象。

- (四) 一起討論設計學生工作日誌，每次實驗前後，均先開會確定目標、流程，可使實驗節奏及思考、組織更好。並能掌握效率，清楚瞭解過程、遇到的困難、及解決的方法。圖片及工作小日誌更能結合美勞及作文。
- (五) 用環保素材美化車子，能提高環保意識，廢物利用，更能結合美勞創作。
- (六) 在製作過程中，雖然遇到很多困難，憑著我們的努力和毅力，在大家虛心研究、集思廣益，合作學習下，突破很多難關，終於能徹底瞭解這部車的各種變因。雖然有時意見不合，但都能學習互相溝通協調，成為更好的朋友。
- (七) 在實驗過程中，讓我們對科學探討有更深切的體認，它需要搜尋相關資料→提出問題→小組共同討論→設計實驗計劃→進行實驗→結果分析→統整實驗結論。同時能發現每個人的優點和潛能，能尊重別人，看重自己。
- (八) 感謝老師的指導，爸爸、媽媽的支援，還有很多叔叔、阿姨的大力幫忙，使這次的研究能圓滿完成。

八、結論

- (一) 車輛要製作準確，車輪要磨圓，四輪位置要定得很正，馬達要對準，才能製作一部精緻、走得直的車。
- (二) 增進四輪車爬坡能力的變因如下：
 - 1. 就車輪而言——
 - (1) 車輪越小、越寬，爬坡力越好。
 - (2) 輪胎皮要根據路面狀況，選擇適當摩擦材質。胎皮增加厚度及彈性，有助於爬坡。木板路面，以有黏抓力的泡棉膠當胎皮最佳。
 - 2. 就齒輪組和馬達而言——
 - (1) 惰輪在整個齒輪組中，具有特殊重要功能，可增加爬坡扭力。
 - (2) 在相同電力供應條件下，四輪傳動優於二輪，四輪傳動的馬力較強，可增強爬坡能力。如果只能二輪傳動，前二輪（拉力）優於後二輪（推力）。
 - 3. 就路面狀況而言——
 - (1) 經由瓦楞紙斜面實驗印證，跳動路面設施，運用在爬坡軌道上，有減速作用，又可增加摩擦阻力，增強爬坡力。
 - (2) 天雨路滑，摩擦阻力小，抓地力小，爬坡狀況不佳，甚至有下滑或側翻的危險；尤其下雪天，積雪路面濕滑，車輪加上鐵鍊，可增加摩擦阻力，增強爬坡力。
 - 4. 就向後翻車問題而言——
 - (1) 車身越長，越不會翻車，爬坡力越強。
 - (2) 平均載重下，車輛越重，越增加向後翻的作用力，容易後翻。且載重如超過馬力負荷，則車子會爬不上斜坡。
 - (3) 根據槓桿原理，載重位置在車頭，「前重，後輕」有利於爬坡時，重心平衡，較不易向後翻；反之，載重位置在車尾，「前輕，後重」，反而增加向後翻的作用力，容易後翻。

九、參考資料

- (一) 中華創意發展協會製作指導說明書
- (二) 國民小學自然科教科書〈六上〉(五下)(牛頓版)
- (三) 中華兒童百科全集
- (四) 華一兒童知識寶庫——輪子的故事。
- (五) 歷屆全國中小學科展優勝作品專輯。
- (六) 科學圖書館〈26〉——輪的世界〈圖文出版社〉
- (七) 青少年百科叢書——動手動腦學物理〈中國少年兒童出版社〉
- (八) 網路資料：關鍵字：四輪車，爬坡力，摩擦力，扭力。
- (九) 國立台灣師範大學工程教育學系網站。 網址：www.cdda.org.tw
- (十) 國立台北科技大學， 建築系， 誘導式結構研究室，蔡仁惠副教授。拉力、壓力、扭力與地心引力。網址：<http://www.ntut.edu.tw>

附件一：

一、製作四輪車，及測試調整使車子走得直。



在密集板上，畫出車身長度、寬度和車輪大小



測試馬達、齒輪組，並接好電線



在車軸兩側打上平齒輪，用以固定車輪



大家共同合作，使用熱熔膠組裝車子



大家和老師共同研究討論組裝車子的問題



利用廢輪胎做成的綁貨橡膠皮帶，製作車輪胎皮



大家一起將裁剪成的泡棉胎皮，貼上車輪。



利用地上的磁磚線，測試車子在地上走得直不直。



利用放平的軌道，測試車子走得直不直。

二、 實驗過程 — 測試四輪車爬坡情況



量斜面軌道角度。



調整軌道高度。



車子由軌道底端，開始往上爬。



車輪為絕緣膠胎皮的車子，爬得高。



測試有胎紋車子的爬坡狀況。

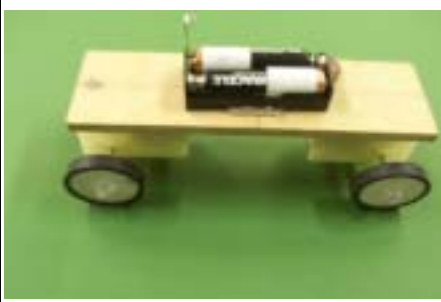


貼泡棉膠胎皮的長型車，爬坡力強。

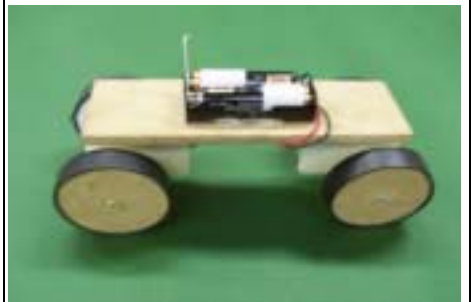
三、 我們自製的實驗車及利用環保素材美化的車



胎皮是有胎紋，橡膠皮帶的車子。



胎皮是無胎紋，平滑橡膠皮的車子。



胎皮是平滑橡膠皮，寬（厚）車輪的車子。



胎皮是砂紙的車子。



胎皮是絕緣膠帶的車子。



胎皮是汽球的車子。



泡棉膠胎皮，車板長 21 公分的長型車子。



泡棉膠胎皮，車板長 10 公分的短型車子。



車板上黏相同尺寸磁磚，測試車輛平均載重。



超炫的環保車



超炫的環保車



超炫的環保車

四、參觀訪問，蒐集資料：



修車廠叔叔解釋翻車的可能原因。



修車廠叔叔解釋各種車輪胎紋的特殊功能。



斜胎紋的輪胎。



直胎紋的輪胎。



挖土機的胎紋深且距離大，以便行駛崎嶇路上。



摩拖車多行駛平路，胎紋較淺。



訪問計程車叔叔。



長的貨車，車輪多。

(第一名)

1. 從遊戲中體會玩科學的樂趣，又能融入環保的概念，是一件不錯的作品
2. 從嘗試錯誤中發覺不同的科學方法，是培養科學精神與素養的階梯
3. 表達生動活潑而有重點。