

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：摩力車車

一、摘要

在此次研究過程中，我們將透過進行滑車實驗來瞭解牛頓第二運動定律「 $F = ma$ 」之意義以及加速度 a 為何。後使用完成滑車實驗後所得到的數據算出滑車在軌道各段加速度以及整段的平均加速度，並在算出理論值後，用理論加速度及實驗得出的加速度算出各段摩擦力以及整段的平均摩擦力，以瞭解軌道對滑車及空氣對滑車的摩擦力對加速度的影響。

二、探究題目與動機

我們這次的實驗便是要透過「滑車實驗」來解釋及證明加速度。

滑車實驗是用來證實牛頓第二定律的實驗，而牛頓第二定律指的便是 $F = ma$ 。這裡的 F 即是外力，在實驗中我們會使用砝碼的重力來提供，並以牛頓作為單位。而質量 m 則是滑車加上砝碼的總質量，以公斤為單位。 a 便是加速度了。

速度的意思是物體運動的快慢，而加速度的意思則是物體的速度隨時間而變。在此次實驗中，我們會先以「 $F = ma$ 」算出滑車加速度的理論值，再算出實驗後實際加速度的值：用打點計時器打出的紙條，以五格為一單位，用後五格減去前五格，將數值的單位把公分換算成公尺，後除以 $1 / 12$ 算出速率（打點計時器一秒打 60 點，五格即是 $5 / 60$ 也就是 $1 / 12$ 秒）再除以 $1 / 12$ 算出加速度，加速度的單位即是公尺 / 秒平方。用理論值減之以算出摩擦力。

三、探究目的與假設

車子會越來越慢直至完全停下的情況，我們假設是摩擦力的影響所導致的。摩擦力會抵消砝碼的拉力，當砝碼著地後，車子便會因為摩擦力漸漸減速，車子沒有了推力，自然而然就會慢慢停下來。而我們利用理論計算，先得出沒有摩擦力的情況時，滑車應該會有多大的加速度（即理論加速度）。後再用滑車實驗計算出當考慮摩擦力時的加速度應為多少，（此為實驗加速度）最後比較兩加速度之差異，即可算出摩擦力。

四、探究方法與驗證步驟

1. 將軌道平放於桌面上，後段超出桌面一點以讓砝碼可以掉落。
2. 將複寫紙放入打點計時器，打點計時器置於軌道前端後插電。
3. 將長條紙條穿過打點計時器並將一端固定於滑車後端。

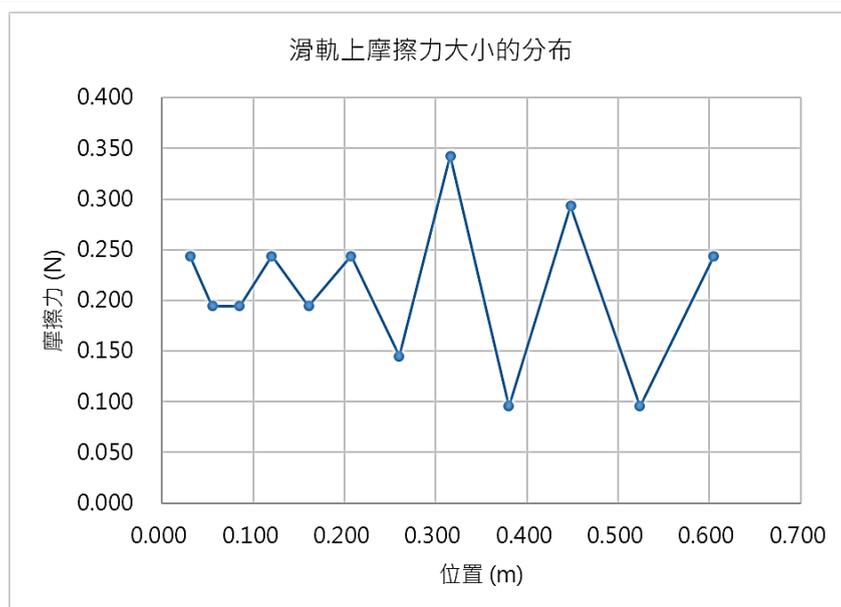
4. 以棉繩連接砝碼及滑車。
5. 打開打點計時器後放開砝碼令砝碼掉落，拉動滑車。
6. 在砝碼接近地面前接住砝碼，避免砝碼碰撞地面減少質量，影響實驗。
7. 關掉打點計時器，拿出紙條。
8. 紙條取中段（避免前段模糊不清、後段砝碼已落地不準確），分為一段五格，以尺測量一段長度並換算成公尺。
9. 兩段為一組，以前段減去後段。
10. 除以 $1/12$ 算出速率（打點計時器一秒打 60 點，五格即是 $5/60$ 也就是 $1/12$ 秒）
11. 再除以 $1/12$ 算出加速度，加速度的單位即是公尺 / 秒平方。
12. 測量滑車及砝碼質量。（砝碼為 49.1 公克、滑車為 294.4 公克）
13. 以 $F = ma$ 可知 $0.0491 = (0.0491 + 0.2944) a$ 得 $a = 1.430 \text{ m/s}^2$ ，即為理論加速度。
14. 用理論加速度減去實驗得出的加速度，再乘以質量，可得摩擦力。

五、結論與生活應用

根據前述的研究規劃，我們實驗得到下表的數據。我們測量每五個點的「位移」，並計算出這段的「速度」，再將該速度與前段速度相減得到「速度差」與「加速度」，最後利用牛頓第二定律算出滑車的實際「受力」。若不考慮軌道摩擦力的影響，滑車應該會有一個「理想受力」並產生「理想加速度」，我們也將此數據呈現於下表中的第二欄（理想值）內。最後，將「實測受力」與「理想受力」相減，得到的「受力差值」即為摩擦力所致。

表：實驗數據。其中，平均值為整條軌道測量出來的數值平均。測量最小刻度為毫米。

實驗測量						理想值		受力差值 即摩擦力 (N)
位置 (m)	位移 (m)	速度 (m/s)	速度差 (m/s)	加速度 (m/s ²)	受力 (N)	加速度 (m/s ²)	受力 (N)	
0.000	-	-	-	-	-	1.430	0.491	-
0.013	0.013	0.156	-	-	-	1.430	0.491	-
0.031	0.018	0.216	0.060	0.720	0.247	1.430	0.491	0.244
0.055	0.024	0.288	0.072	0.864	0.297	1.430	0.491	0.194
0.085	0.030	0.360	0.072	0.864	0.297	1.430	0.491	0.194
0.120	0.035	0.420	0.060	0.720	0.247	1.430	0.491	0.244
0.161	0.041	0.492	0.072	0.864	0.297	1.430	0.491	0.194
0.207	0.046	0.552	0.060	0.720	0.247	1.430	0.491	0.244
0.260	0.053	0.636	0.084	1.008	0.346	1.430	0.491	0.145
0.316	0.056	0.672	0.036	0.432	0.148	1.430	0.491	0.343
0.380	0.064	0.768	0.096	1.152	0.396	1.430	0.491	0.095
0.448	0.068	0.816	0.048	0.576	0.198	1.430	0.491	0.293
0.524	0.076	0.912	0.096	1.152	0.396	1.430	0.491	0.095
0.605	0.081	0.972	0.060	0.720	0.247	1.430	0.491	0.244
平均值			0.068	0.816	0.280	1.430	0.491	0.211



圖：根據上表數據，將軌道各處的摩擦力大小分佈以折線圖呈現。

可以利用這種方式測試出車子、飛機等交通工具的摩擦力大小，以此製作煞車系統。若想減少摩擦力，則可以利用磁浮的方式，減少軌道摩擦力。

六、參考資料

1. 劉維自然·康軒參考書作者，| 理化教學 | 108 課綱 | 加速度運動 | vt 圖 | 運動學 (Acceleration movement | vt diagram | kinematics), YouTube, <https://youtu.be/MAuYpLq25vo>
2. 甘系，加速度，維基百科，
<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8A%A0%E9%80%9F%E5%BA%A6>
3. Luke Taiwan，速度，維基百科，
<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E9%80%9F%E5%BA%A6>
4. 臺北酷課雲，108 新課綱 國中九上理化【觀念】加速度運動，YouTube, https://youtu.be/yoSGjQNJp_g
5. 臺北酷課雲，108 新課綱 國中九上理化【觀念討論】滑車實驗，YouTube, https://youtu.be/R1GTvO_AuQw
6. 錢一娟，滑車實驗 05，YouTube, <https://youtu.be/j8GgWCB2NT8>
7. 么于，牛頓第二運動定律，維基百科，
<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E7%89%9B%E9%A0%93%E7%AC%AC%E4%BA%8C%E9%81%8B%E5%8B%95%E5%AE%9A%E5%BE%8B>

8. 阿賢老師的理化教學網站 · 021(6-3 摩擦力) · 南投縣教育處
<https://sites.google.com/a/ntjh.ntct.edu.tw/phys-chem/001ke-wen-wei-rong-yao-dian/02guo-er-xia/021-6-3mo-ca-li>
9. 大愛電視 Tzu Chi DaAiVideo · 【生活裡的科學】20151224 - 摩擦力 · YouTube,
<https://youtu.be/mT11BNsVnts>
10. 阿賢老師的理化教學網站 · 003(1-3 加速度運動) · 南投縣教育處 ·
<https://sites.google.com/a/ntjh.ntct.edu.tw/phys-chem/001ke-wen-wei-rong-yao-dian/03guo-san-shang/003-1-3jia-su-du-yun-dong>

註：

1. 報告總頁數以 6 頁為上限。
2. 除摘要外，其餘各項皆可以用文字、手繪圖形或心智圖呈現。
3. 未使用本競賽官網提供「成果報告表單」格式投稿，將不予審查。
4. 建議格式如下：
 - 中文字型：微軟正黑體；英文、阿拉伯數字字型：Times New Roman
 - 字體：12pt 為原則，若有需要，圖、表及附錄內的文字、數字得略小於 12pt，不得低於 10pt
 - 字體行距，以固定行高 20 點為原則
 - 表標題的排列方式為向表上方置中、對齊該表。圖標題的排列方式為向圖下方置中、對齊該圖