

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030805

臺北市立士林國民中學

指導老師姓名

周金陽

張昆平

作者姓名

鄭人傑

黃涵迎

李牧笛

李牧恆

作品說明書

研究題目

乘車可以更舒適

93 年 6 月 15 日

題目：乘車可以更舒適

壹、 摘要	3
貳、 研究動機	3
參、 研究目的	3
肆、 研究設備器材	4
伍、 研究過程	5
陸、 研究結果	19
柒、 討論	20
捌、 結論	23
玖、 參考資料 及其它	24

壹、摘要：

一般車輛的安全規定都是依不同路段來限定行車速度，這樣便可以大大降低交通事故的發生，但是，車子的加速度或減速度的大小卻沒有明確規範，導致開車的人各憑所好，時而猛踩油門，時而猛踩煞車，如果是開自己的車子，大不了車子的壽命提早結束，如果是公車，那倒霉的可就是一般搭乘該公車的乘客了。因為，我們沒有很明確的證據可以指出司機的不是。所以，假使能有一種能全程紀錄行車的加速度或減速度大小的儀器，碰到前述的糾紛時便能依此資料判讀當時的加、減速之行車狀況，釐清責任的歸屬問題，這也才符合以科學態度處理事物的精神。

貳、研究動機

大眾運輸工具是人們生活中不可或缺的代步工具，對於人類來說舒適度想必也是非常重要的，而公車更是我們學生最普遍的交通工具，每每看到一些年長者在突如其來的煞車中不甚跌倒，讓我對公車的行車品質不禁產生疑慮，雖然已有了限速規定，可是很多危險意外的發生，卻是因為突然的加速或煞車，使得車上的人失去重心而跌倒，那到底加速度或煞車的程度要如何才算符合安全呢？如果在車上因煞車或加速而發生意外，責任的歸屬應如何界定？因此，假使我們能有一正確的紀錄資料來判斷是否超出人所能忍受的加速度或減速度的話，就可避免很多不必要的糾紛，而且也能給駕駛者一明確的規範，減少乘車者的意外發生。於是老師便根據國中理化第一、二、四冊中的彈簧彈性接觸面摩擦力及運動加速度等課程的相關內容，指導我們加以研究並設計此儀器，希望能為人們搭車的安全提供一項參考的資料。

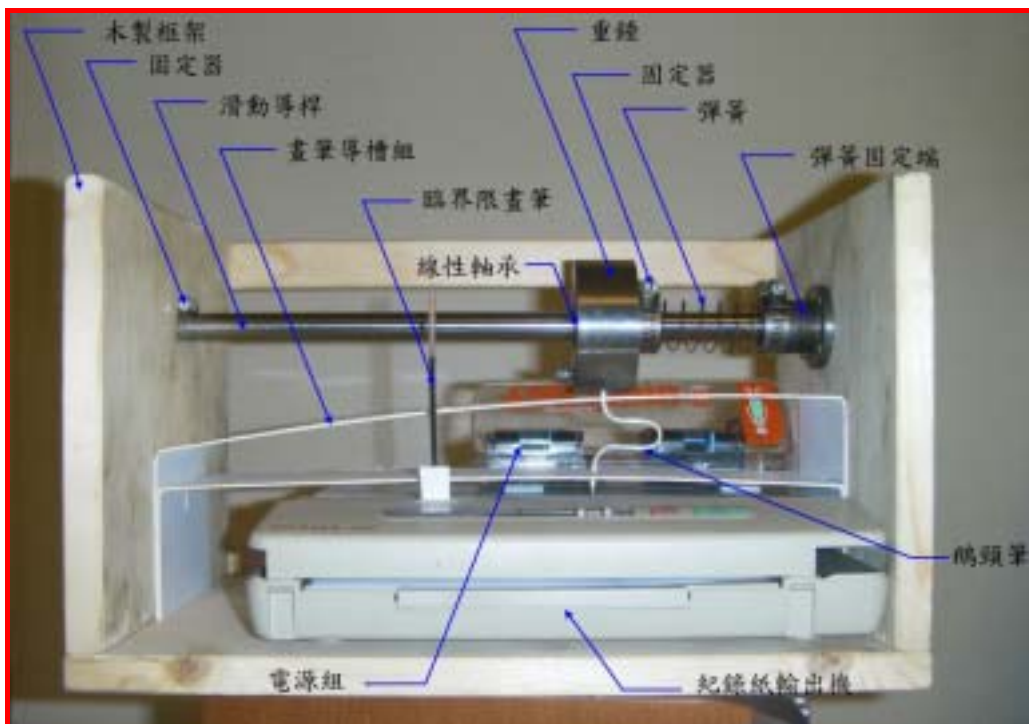
參、研究目的

- 一、明確顯示出加速度或減速度的大小及模式。
- 二、當有乘車者因駕駛司機的煞車而受到傷害時，可以藉此紀錄作為依據，以判定是否人為疏失或個人的因素，避免不必要的糾紛。
- 三、依據本儀器資料，明確瞭解個人的開車習慣，避免無謂的加速或減速，使乘車者更舒適並可延長車子的行車壽命。

肆、研究設備器材

本研究之實驗器材是由三大部份組立而成：

- 一、重錘滑動部份 是由含有線性軸承之重錘、滑動導桿及彈簧組成，線性軸承可減少因滑動產生的摩擦力，以增進本實驗的正確性；重錘正下方設一鵝頸狀畫筆，使筆尖與紀錄紙保持適當壓力接觸；鵝頸狀畫筆與紀錄紙之間另設有導槽組，其主要在導引畫筆的路徑，使不產生偏移的現象。
- 二、紀錄紙輸出機 是將家中廢棄之傳真機改造而成，改變紙張的輸出速度以符合我們的需求，並將電源供應改為 24V 之乾電池組以方便外出實驗。而輸出紙仍可使用一般傳真紙，令於輸出前方置一紅色畫筆，當紙張送出時可同時畫出一條加速度臨界線。
- 三、框架結構 則以木製的框架製作，用以支撐並固定重錘滑動件，其外框之 寬×高×深 的尺寸為：40cm × 24cm × 25cm
如圖所示



伍、研究過程

- 一、公式推導
- 二、儀器製作過程 (包括各附件製作)
- 三、儀器的校正過程
- 四、實地實驗紀錄過程
- 五、分析

一、公式推導

本實驗的理論主要是依據理化課程中之虎克定律、牛頓第二運動定律以及物體之質量、體積關係。分述如下：

(一)、虎克定律：

$$F = - KX$$

其中 F 為彈簧的恢復力；K 為彈簧的彈性係數；X 為彈簧受力後的位移

(二)、牛頓第二運動定律：

$$F = ma \quad ; \text{其中 } F \text{ 為作用力； } m \text{ 為物體質量； } a \text{ 為加速度}$$

(三)、 $M=VD$ ；其中 M 為質量； V 為體積； D 為密度

整合以上之公式可知

$$F = - KX = - ma$$

$$X = \frac{ma}{K}$$

現舉本實驗之例子來作說明

已知條件：彈簧的彈性係數 $K=0.65\text{N/cm}$ 鐵塊重錘的質量 $m=1\text{kg}$ ，公車在的 $t=2\text{sec}$ 時間內，由初速： $v_1=15\text{m/sec}$ (相當於 54km/hr)

減至末速： $v_2=0$

$$\text{由公式 } -ma = \frac{mv_2 - mv_1}{t} \quad \text{得知} \quad -a = \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{0 - 15}{2} = -7.5\text{m/sec}^2$$

$$a = 7.5\text{m/sec}^2$$

拉力彈簧之受力公式為 $F = - KX$ 且 $F = - ma$

$$KX = ma$$

$$\text{又 } ma = 1\text{kg} \times 7.5\text{m/sec}^2 = 7.5(\text{kg} \cdot \text{m/sec}^2) = 7.5\text{N}$$

$$\text{已知 } K=0.65\text{N/cm} \quad X = \frac{ma}{K} = \frac{7.5}{0.65} = 11.5\text{cm} \quad (\text{煞車時，彈簧被拉伸的長度})$$

現以人的身體質量取代鐵塊質量 ie： $M=70\text{kg}$

$$\text{代入 } F = -Ma \text{ 之公式，可知 } F = 70\text{kg} \times 7.5\text{m/sec}^2 = 525\text{kg} \cdot \text{m/sec}^2 = 525\text{N}$$

也就是說重錘鐵塊滑移 11.5cm 的時，人的手臂受力為 525N ，相當於 53.6 公斤重。依據法國格林爾曼的“8 個小夥子拔河”的故事：每個人平均拉力測試是 63kg/人 ，這時的煞車應該是安全的，但根據中國(每日橋報)的報導資料，成年男子伸直手平均

拉力為 70.5 公斤，女子約為 38.6 公斤。

因此，若取 38.6 公斤(相當於 378N)之力為臨界受力，則煞車之減速度應該為：

$$a = F / m = 378N / 70kg = 5.4m / sec^2$$

此時彈簧的伸長量為 $X = \frac{ma}{K} = \frac{1 \times 5.4}{0.65} = 8.3cm$

換言之煞車時，本實驗儀器之彈簧被拉伸的長度不應該超過 8.3cm，否則即已超出受
力之範圍。




二、儀器製作過程：

(一)、錘重的決定：

本組之儀器的製作是依照設計所需，將重錘定為 1 kgw，錘重應該包含重錘本
身、線性軸承、畫筆、畫筆固定螺絲及彈簧固定器，其中線性軸承、畫筆、畫
筆固定螺絲及彈簧固定器之總重量為 45.91gw，再以 1kgw 減去 45.91gw 決定重
錘的重量，即：重錘本身之重量 = 1 kgw - 45.91gw = 54.09gw

而根據鐵的密度約為 7.83 g/cm³，我們便可決定其體積之大小，由體積、密度、

質量的關係 $M = V \cdot D$ 可知體積 $V = \frac{M}{D} = \frac{954.09}{7.83} = 121.85 \text{ cm}^3$ ，

1：先決定重錘外徑，將重錘外徑製成 $D = 74mm = 7.4cm$ ，圖為由數位游尺 測出其正確尺寸。	
2：再將重錘內徑製成 $d = 26mm =$ $2.6cm$ 的尺寸。	
3：由中空圓柱的體積公式得 $V = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \times h$ $\therefore h = \frac{4V}{(D^2 - d^2)\pi} = \frac{4 \times 121.85}{(7.4^2 - 2.6^2)\pi} = 3.3cm$ 也就是說我們是以控制 h 的尺寸來調整 重錘的重量。	

錘重、體積的決定圖表：

重錘組重量 (g w)	固定零件總重 (g w)	重錘本身重量 (g w)	重錘密度 (g/cm ³)	未含軸承重錘體積 (cm ³)	重錘外徑 D (c m)	重錘內徑 d (c m)	重錘高度 h (c m)
1000	45.91	954.09	7.83	121.85	7.4	2.6	3.3

(二)、鵝頸狀筆蕊的製作：

考慮到畫筆的接觸連續性，我們將原子筆芯取下將之彎成鵝頸狀，目的是要利用鵝頸狀之彈性壓力壓住紙張，使其畫筆能連續與紙接觸而不斷線。



(三)、畫筆導槽的製作

雖然本儀器之重錘是置於線性軸承組上滑動，但移動時，仍有些微轉動之現象，為了維持畫筆與重錘移動方向的平行度，因此我們也設計了一上下導槽組。

因為畫筆本身是塑膠，剛性不佳，所以用上下兩導槽，可確保畫筆在紙上不至於前後偏移，其中導槽的寬度為略大於筆芯之直徑。



(四)、送紙機構的製作

本實驗的紀錄紙傳送是利用家中廢棄傳真機之確動步徑馬達的送紙機構，並以 2 4 V 之乾電池作為電力來源，以方便攜帶。將其傳送速度改為 2.84cm/min。傳送速度改變的方式是利用單晶片以程式改變其脈衝數。



(五)、木製框架的製作：

支持框架係以木板釘製而成，外框尺寸之寬度×高度×深度為：
40cm × 24cm × 25cm。



三、儀器的校正過程

實驗器材的校準過程

(一)、彈簧 K 值的量測

當初在選擇彈簧時主要是以彈簧規格表找出 K 值接近 0.5N/cm，而內徑為 28mm，長度在 10cm 之彈簧來做實驗，但彈簧規格表並沒有剛好完全符合我們所需要的，因此在一定重量下，以不同的自然長度，量取伸長量 X 值，再帶入公式 $F = - K X$ ，算出 K 值，以下是實際量取 X 平均值的過程

首先量取重錘於水平位置時之彈簧的自然長度



再將本儀器轉垂直方向，讓彈簧因重錘而垂下以量取其伸長量。重復上述實驗依不同之自然長度分別得到不同的伸長量，同時利用虎克定律計算出彈性係數 K 值的大小。



F =9.8N	自然長度(cm)	X (伸長量) (cm)	K 值(N/cm)
1	4.5	9.8	1
2	4.6	11	0.89
3	4.7	12	0.81

4	5.3	13	0.75
5	6.0	15	0.65
6	8.7	19	0.51

由於所用的紀錄紙寬度約為 21cm，而彈簧中線位置為距右邊 7cm，如果取彈簧自然長度為 6.0cm 伸長量為 15cm K 值為 0.65 N/cm 做為實驗的已知條件，則公式推導中，可算出伸長量 8.3cm 為一臨界受力範圍，剩餘 5.7cm 屬於超出臨界受力範圍(= 21cm-7cm-8.3cm)，對於數據的判讀比較合理。

(二)、重錘在滑桿上之摩擦係數的量測：

在設計上，我們是在重錘的內孔中裝置一個線性軸承，以減低它與滑桿之間的摩擦阻力，但微小的摩擦仍會存在，加上本設計之畫筆與導引槽之間也會有摩擦力，所以必須要在實驗之前作一次校正，以求更為精確的實驗值。

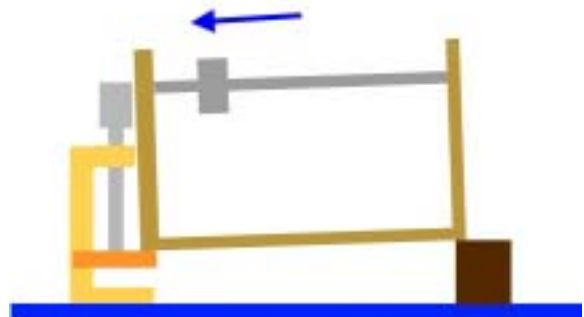
利用精密小虎鉗與墊塊將本儀器框架墊高。框架的一端固定，另一端則由旋轉精密小虎鉗的調整螺絲來調整高低。

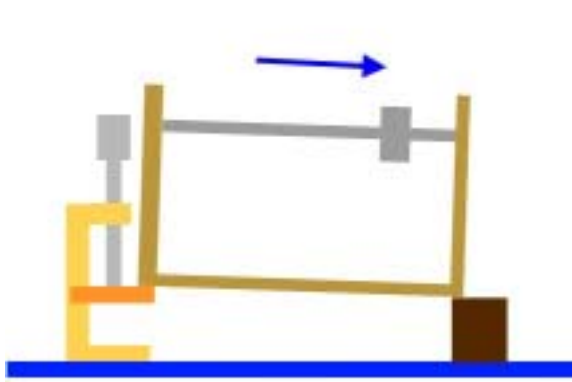
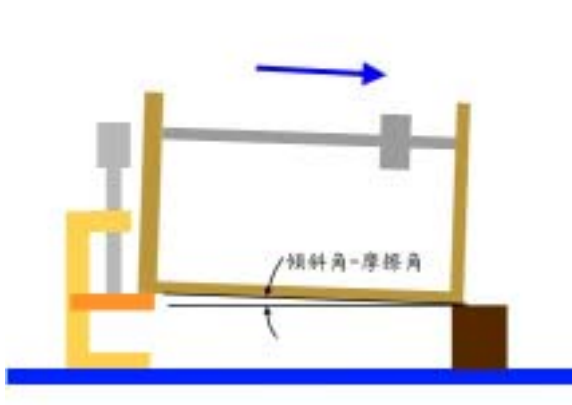


旋轉小虎鉗之調整螺絲，其中螺絲的螺距為 1.25mm，因此，旋轉的高低可由旋轉圈數乘以螺距 1.25mm 得知。



將小虎鉗之調整螺絲順時針旋轉，使小虎鉗端下降，直至重錘開始往左端移動，此時之傾斜角與水平線夾角即為摩擦角，但水平線並無法測得，所以我們要以此當成最低位置，再以逆時針方向旋轉調整螺絲。

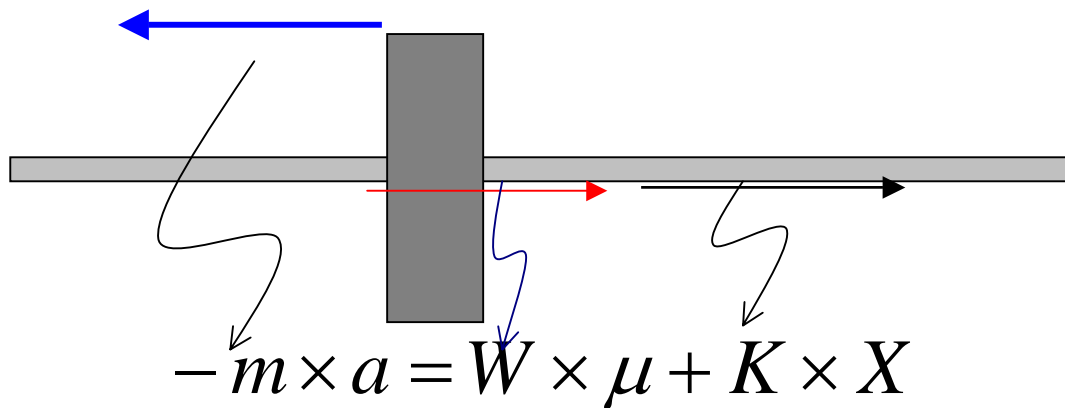


<p>以逆時針方向旋轉調整螺絲，直到重錘往右方向開始移動，我們便得知，此時之位置為最高位置，其最高與最低位置差等於螺旋旋轉圈數與螺距的乘積。可寫為</p> $h = 1.25\text{mm} \times N$	
<p>由於框架長度為 400mm，其傾斜角之對邊長為 $h/2$，由三角函數定義可以得知：</p> $\sin \theta = \frac{h/2}{400}$ $\theta = \sin^{-1}\left(\frac{h/2}{400}\right)$ <p>摩擦係數 $\mu = \tan \theta$</p>	

以下表格為重複上述步驟 8 次，分別記下旋轉小虎鉗之調整螺絲所得之圈數，再求其平均值，並找出最正確的摩擦係數，其中桿長：L (mm)= 400

次別	調整螺絲由下 往上轉動圈數 N(圈)	調整螺絲由最低， 轉到最高的位移 $h = 1.25\text{mm} \times N$	重錘下滑瞬間 兩端高度差 $h/2(\text{mm})$	傾斜角(rad) $\theta = \sin^{-1}\left(\frac{h/2}{400}\right)$	摩擦係數 $\mu = \tan \theta$
1	8.5	10.63	5.32	0.762	0.0133
2	9.2	11.51	5.76	0.825	0.0144
3	8	10	5	0.716	0.0125
4	8.3	10.38	5.19	0.745	0.0130
5	9	11.25	5.63	0.802	0.0140
6	8.4	10.5	5.25	0.750	0.0131
7	8.7	10.88	5.44	0.779	0.0136
8	8.2	10.25	5.13	0.733	0.0128
平均	8.48	10.68	5.34	0.767	0.0134

經實際量測，可找到一重錘組件與滑桿間之平均摩擦係數 $\mu = 0.0134$ ，當車子煞車時，慣性使重錘往前滑行，重錘產生 $F=ma$ 之力作用於彈簧，有一部份則被摩擦力抵消，所以 $F = m \times a = -(f + F_s)$ ，可用圖示說明，其中摩擦力 $f = W \times \mu$ ，彈簧恢復力 $F_s = K \times X$



因此，我們所用的公式需要做一修正，當彈簧的彈性係數 $K=0.65N/cm$ ，重錘質量 $m=1kg$ ， $a=7.5m/sec^2$ 時，摩擦係數 $\mu=0.0134$ ，依上列之修正公式，本例應為：

$$ma = 1kg \times 7.5m/sec^2 = 7.5(kg - m/sec^2) = 7.5N$$

$$7.5N = 9.8N \times 0.0134 + 0.65 \times X$$

$$X = \frac{ma - W\mu}{K} = \frac{1 \times 7.5 - 9.8 \times 0.0134}{0.65} = 11.34cm$$

比較先前所計算之 $X = 11.5cm$ ，其誤差值為 $11.5cm - 11.34cm = 0.16cm$

則受力臨界線則應修正為

$$X = \frac{ma - W\mu}{K} = \frac{1 \times 5.4 - 9.8 \times 0.0134}{0.65} = 8.11cm$$

本儀器在紀錄紙上之紅色臨界線即以此為依據而繪出。

四、實地實驗紀錄過程

我們的實地紀錄是以三種大眾運輸工具為實驗對象，分別為：



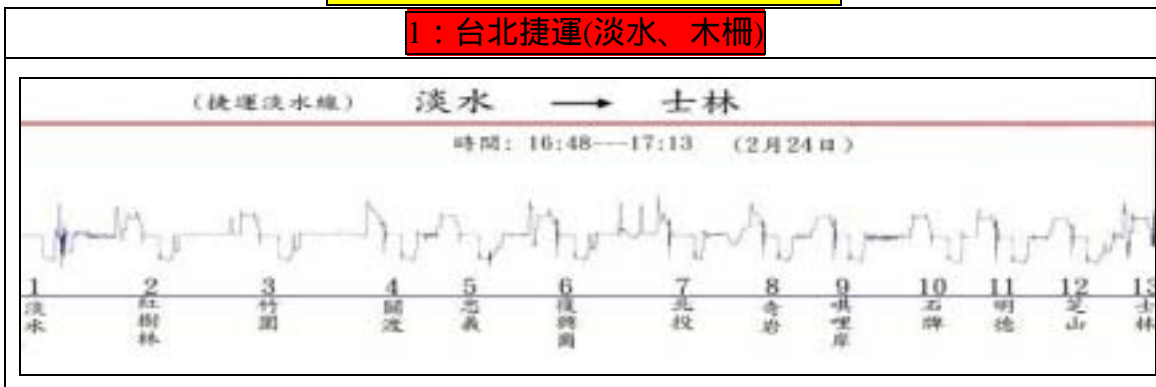
1：台北捷運(淡水、木柵)

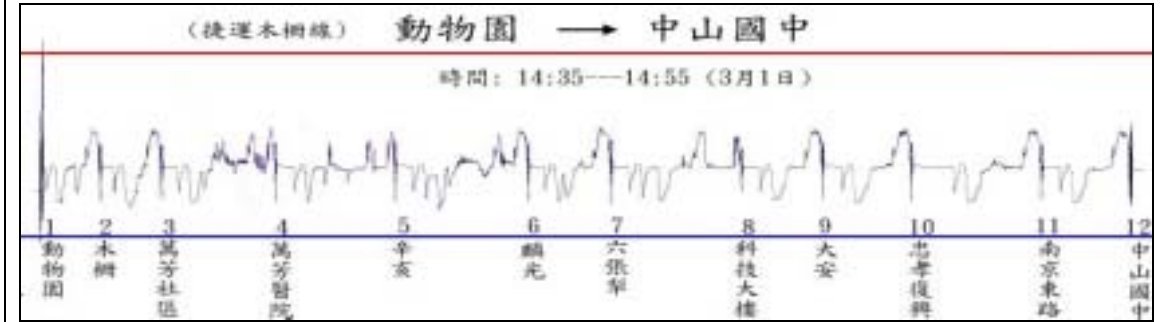
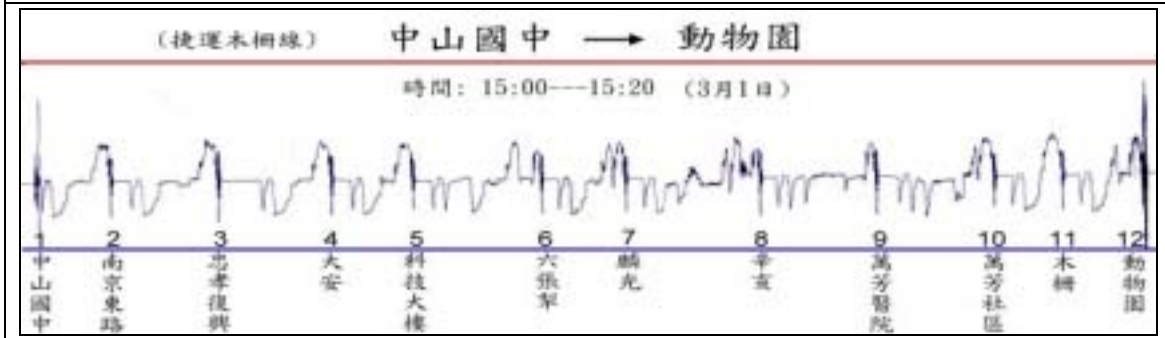
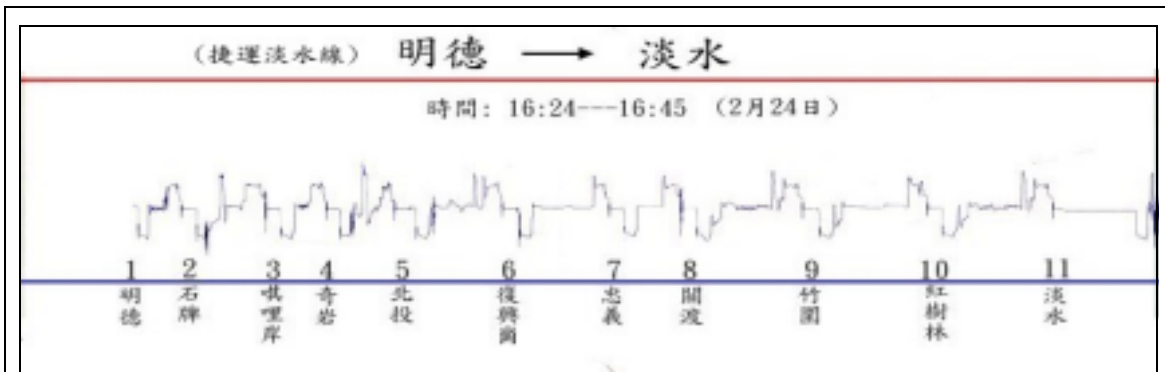
2：火車(自強、莒光、復興)

3：公車(220、206、304)

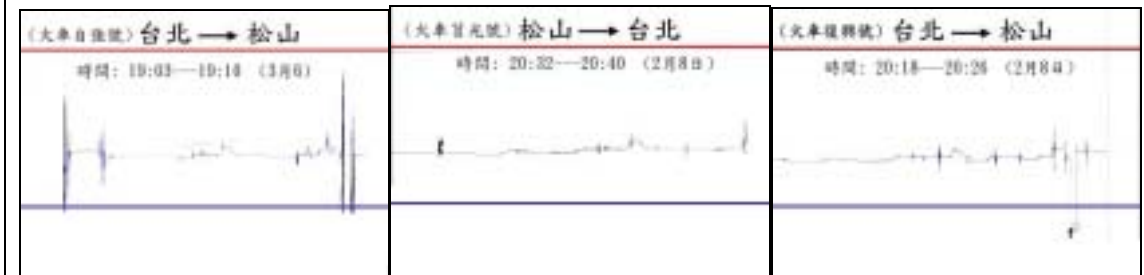
以下為各運輸工具之行車模式紀錄：

1：台北捷運(淡水、木柵)

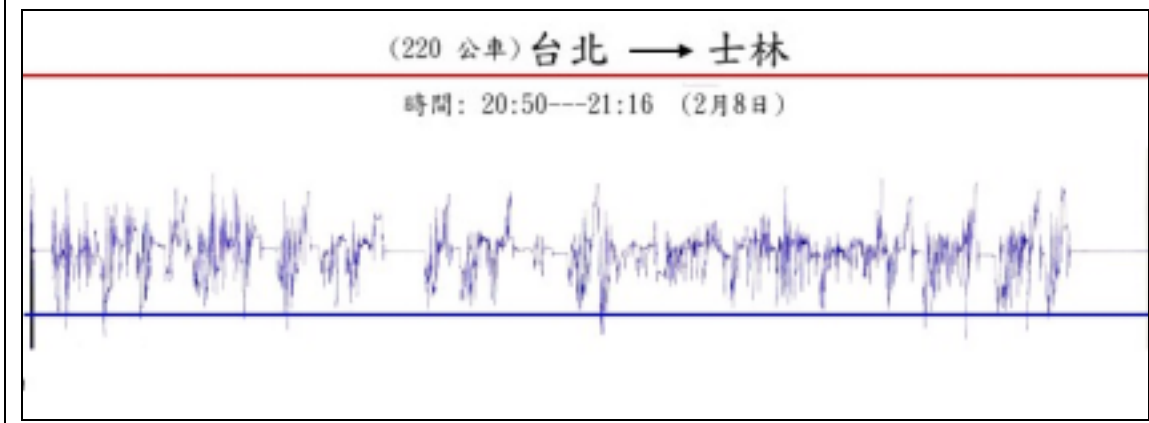


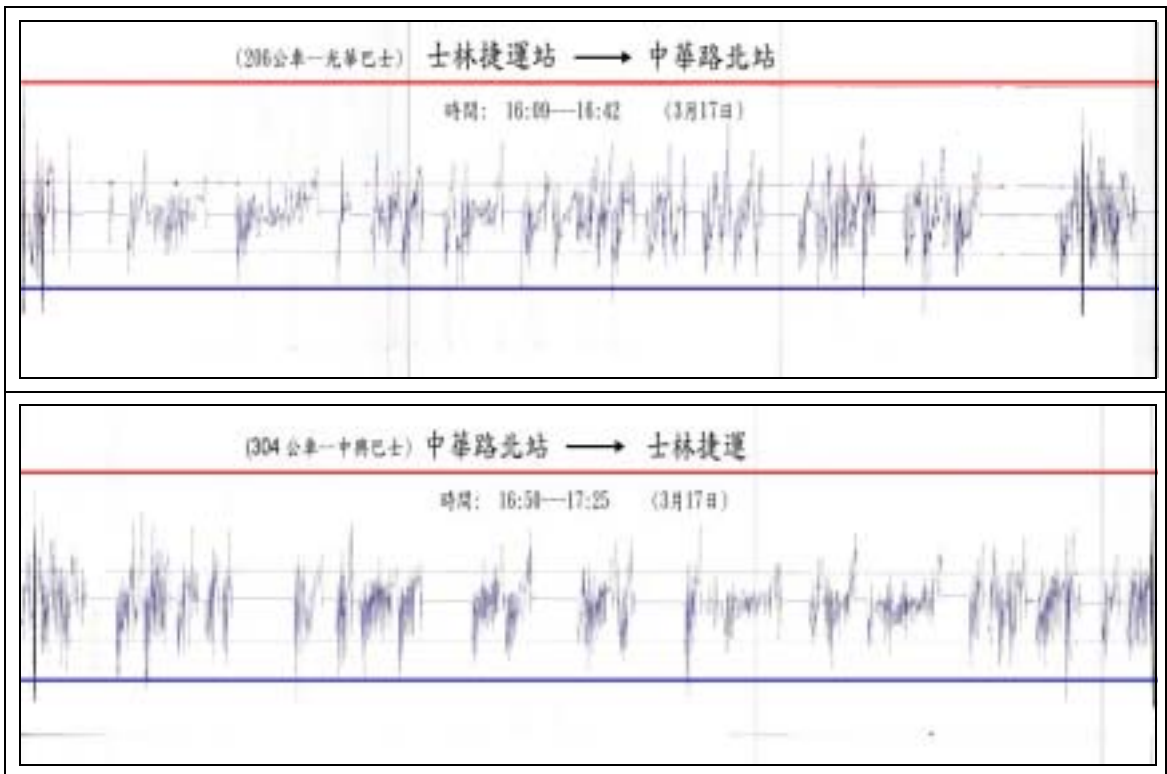


2: 火車(自強、莒光、復興)

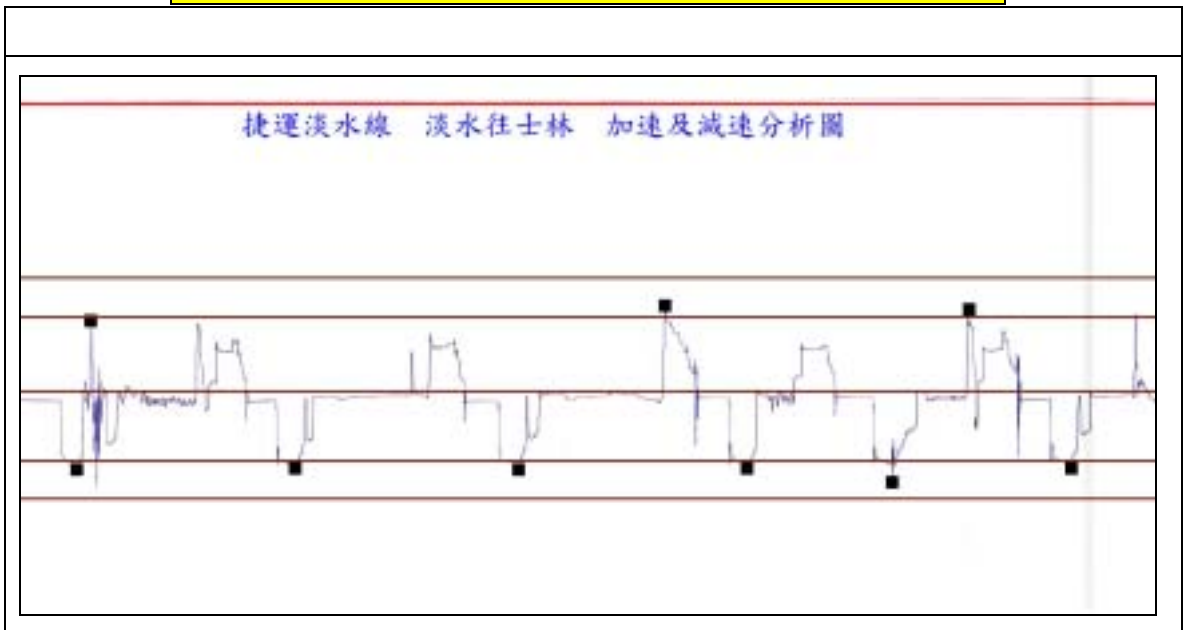


3: 公車(220、206、304)

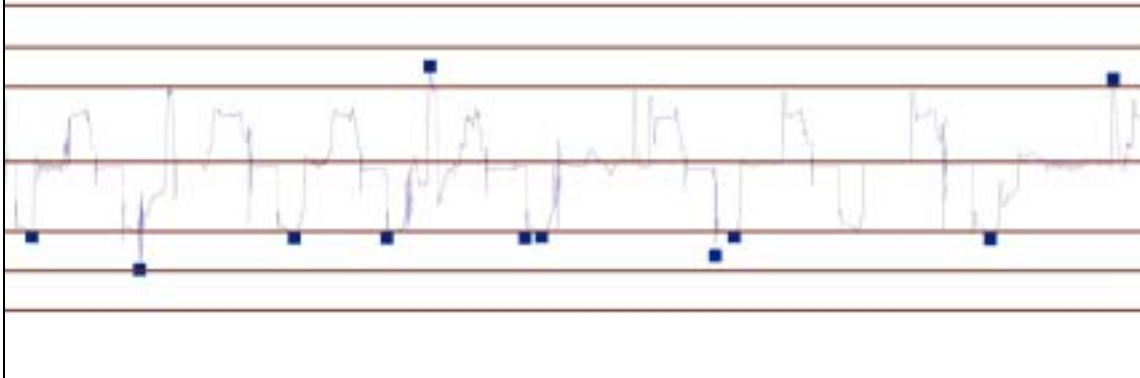




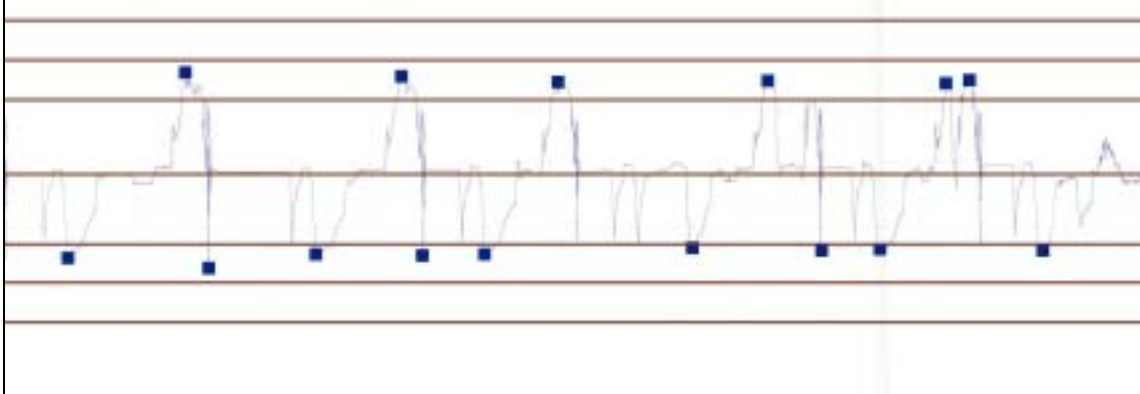
以下為各項運輸工具在一定時間內的行車細部紀錄比照圖：



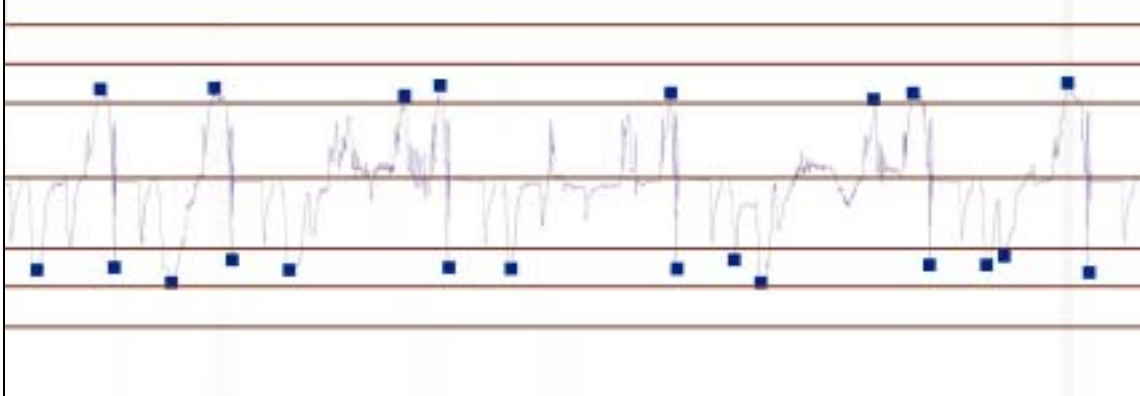
捷運淡水線 明德往淡水 加速及減速分析圖



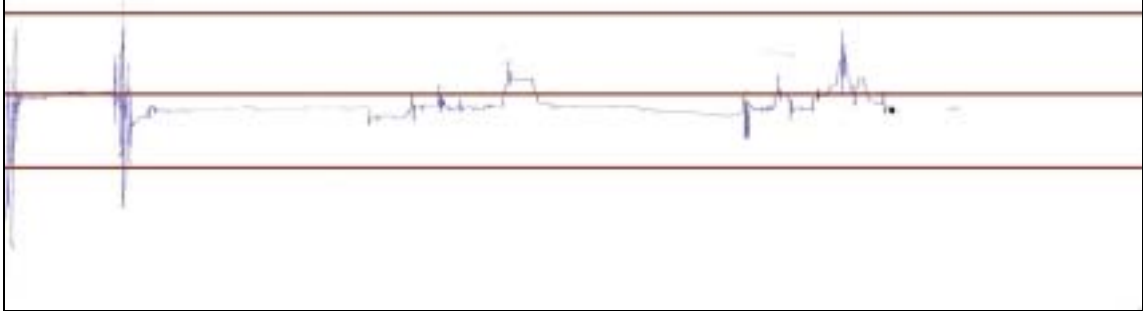
捷運木柵線中山國中往動物園加速及減速分析圖



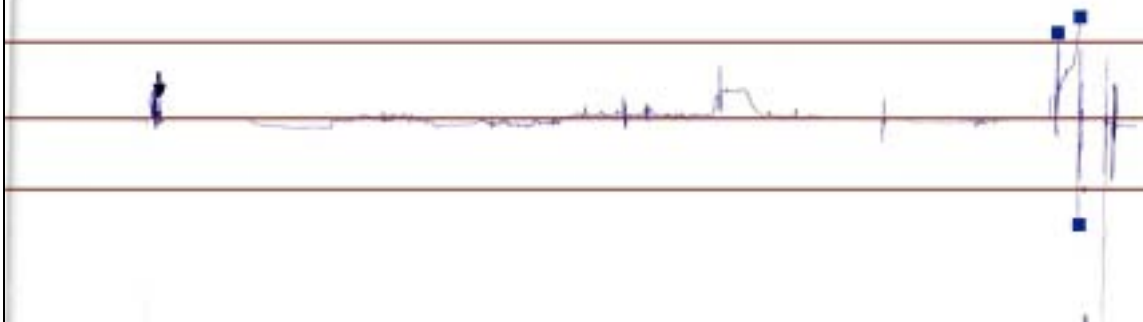
捷運木柵線動物園往中山國中加速及減速分析圖



自強號 台北往松山 加速及減速分析圖



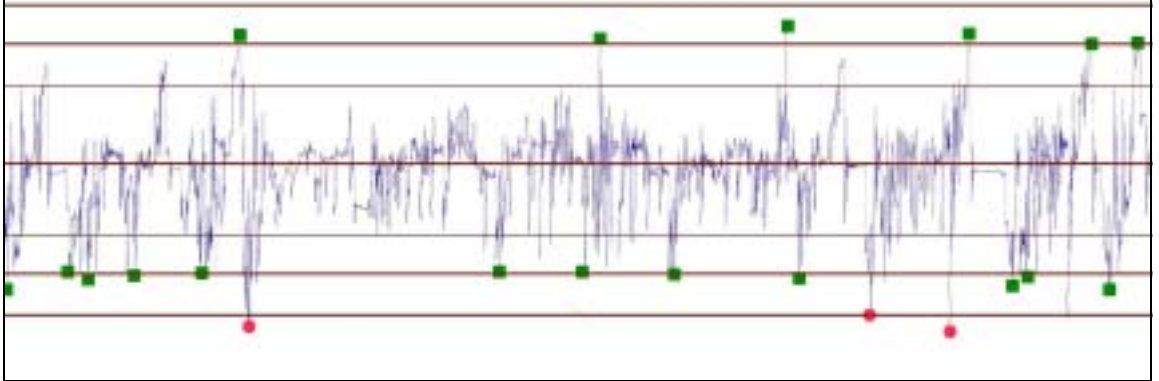
莒光號 松山往台北 加速及減速分析圖



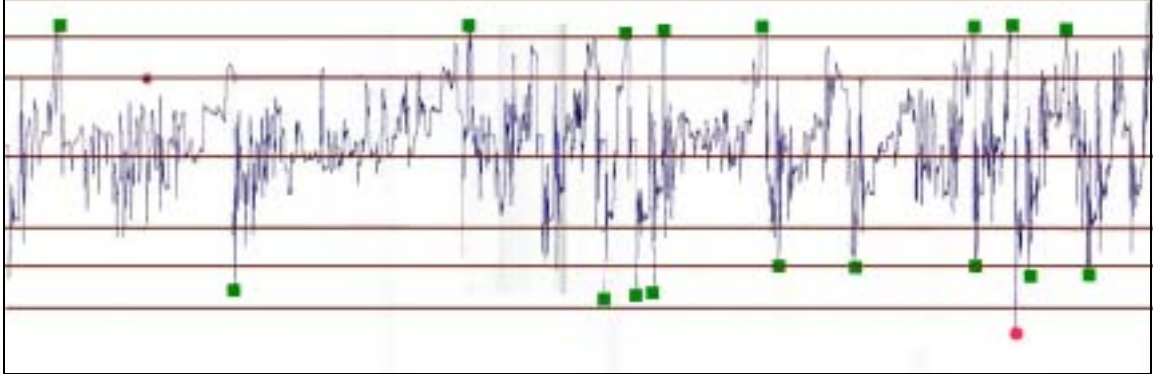
復興號 台北往松山 加速及減速分析圖



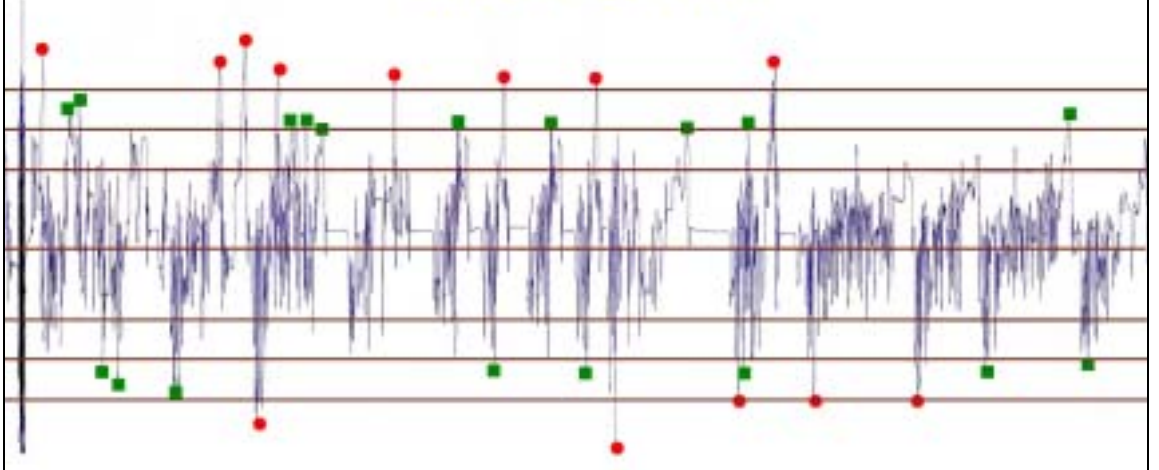
220公車加速及減速分析圖



206公車加速及減速分析圖



304公車加速及減速分析圖



由實際量測之紀錄紙上量取重錘滑移距離 X，再利用修正公式算出加速度或減速度 a 的值。

$$\text{由修正公式 } X = \frac{ma - W\mu}{K} \text{ 可得 } a = \frac{KX + W\mu}{m} ;$$

其中 $K = 0.65\text{N/cm}$; $W = 9.8\text{N}$; $\mu = 0.0134$; $m = 1\text{kg}$

得出 a 與 X 的關係

$$a = \frac{0.65 \times X + 9.8 \times 0.0134}{1} = 0.65 \times X + 0.13$$

將上述細部紀錄的各項數據列一成表以作比較分析

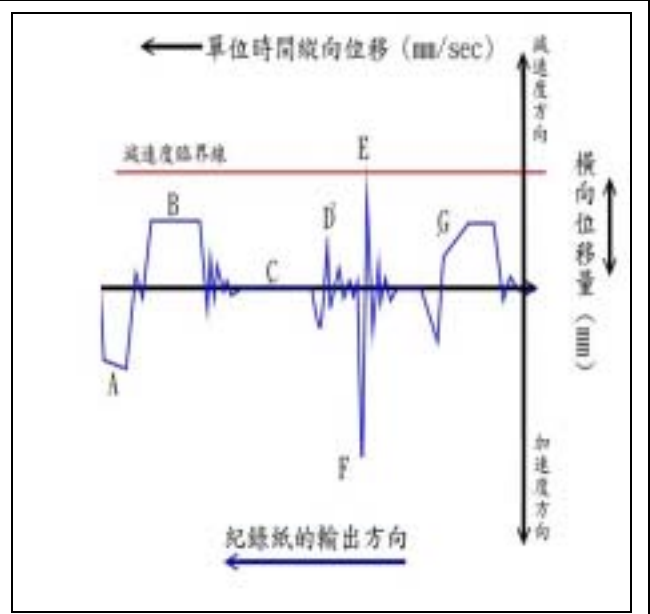
紀錄曲線之數據對照表：

	捷運	捷運	捷運	捷運	火車	火車	火車	公車	公車	公車
路線車種	淡水線	淡水線	木柵線	木柵線	自強號	莒光號	復興號	220	206	304
起站	淡水	明德-	中山站	動物園	台北	松山	台北	火車站	士林	中華路
訖站	士林	淡水	動物園	中山	松山	台北	松山	福林站	中華路	士林
+X _{max} 值	+2.2	+2.5	+2.8	+2.6	+1.5	+2.3	+2.1	+3.4	+3.3	+5.4
減速度-a	-1.56	-1.76	-1.95	-1.82	-1.1	-1.63	-1.5	-2.34	-2.28	-3.64
-X _{ma} 值	-2.5	-3	-2.7	-2.9	-1.1	-2.5	-2.1	-4.3	-4.5	-5.3
加速度+a	+1.76	+2.08	+1.89	+2.02	+0.85	+1.76	+1.5	+2.93	+3.06	+3.58
X>+2cm	3	2	6	8	0	2	1	9	27	40
X>+3cm	0	0	0	0	0	0	0	6	8	18
X>+4cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
X>-2cm	6	9	9	14	0	1	0	30	22	36
X>-3cm	0	0	0	0	0	0	0	12	10	13
X>-4cm	0	0	0	0	0	0	0	3	1	5

五、分析

依據實地測得的紀錄曲線，我們發現每一條曲線均有其物理意義，現就其所呈現的形狀加以研究並分析行車時的加速模式。首先，要說明的是曲線軌跡的形成，本實驗中紀錄紙的輸出速度為 2.84cm/min 相當於 0.47mm/sec，可以看成是軌跡的單位時間縱向位移量，而重錘因加速度或減速度的大小而擺動時，則可以當作是橫向的位移，換言之，本實驗之紀錄曲線就是由單位時間的縱向位移與橫向位移所合成，我們可以下列圖示表示，並解釋紀錄紙上各段曲線所代表的意義：

A：加速度呈線性增加，屬於有規則之變加速度。B：代表減速到定值後以等減速度維持一段時間。C：曲線與彈簧中線重疊表示無加速度即等速運動狀態。D：突然踩煞車，使重錘往前移動之後形成振動，應屬點煞車情況，乘客會往前傾。E：緊急煞車，且大小超出減速度臨界線，容易使車上的乘客發生意外。F：突然踩油門，使重錘往後移動之後形成振動，乘客會往後仰。G：減速度呈線性增加，屬於有規則之變減速度。



以上是實地量測各種不同交通工具的加速度變化後所歸納出來常見的曲線。

陸、研究結果

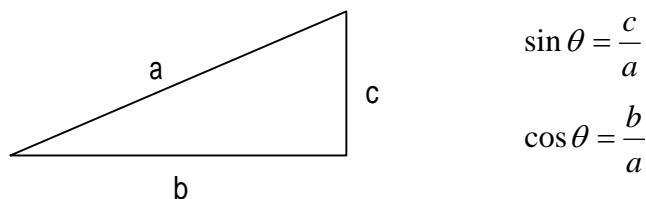
本小組歷經想法提出、研究方向規劃、器材準備與製作、實地實驗、數據分析與問題討論，最後得出以下四項研究結果：

- 一、本實驗根據物理之虎克定律與牛頓第二運動定律，配合我們的實驗器材實際量測時推論出我們所需要的修正公式，確實可以達到我們所預期規劃的目的，即量測出加速度或減速度的大小，並可全程紀錄行車的加速度模式，以利分析。
- 二、經過實際紀錄與分析研究結果，我們得出各車種的加速度或煞車的模式，及各模式的曲線所代表的物理意義。
- 三、各種具體的加速度模式可提供給相關單位，如捷運局、公車處及台灣鐵路局參考，尤其是公車駕駛者可依本實驗分析結果改善其不當的加速或煞車以提高公車之行車服務品質。
- 四、各項數據的呈現均依實際行車狀況直接測得，可顯示的項目有加速度大小、減速度大小、單位時間加速度或減速度的變化(ie 變加速度)或變減速度以及加速度的出現頻率(單位時間來回擺動的次數)。

柒、討論

一、為求測量的準確度，我們作了一些儀器的校準工作：

- (一)、彈簧 K 值的量測：為因應傳真紙的寬度，須控制彈簧在臨界受力下的振幅，因此我們在瞭解影響彈簧彈性係數的因素後，做了幾個實驗來選取彈簧適當 K 值。此時 K 值 0.65N/cm，使得彈簧在承受大於臨界受力時，傳真紙仍有 5.7cm 長度的緩衝，我們也考慮到車輛加速度時所造成的彈簧壓縮量是否會超出傳真紙右端，然而我們預測一般汽車、火車或捷運車輛不會作此”暴衝”，因此在平衡點右端留了 7 cm 的傳真紙寬度，所有實驗結果也一如預測。
- (二)、重錘組件與滑桿間平均摩擦係數的測量：從課本得到下滑力與最大靜摩擦力的關聯後，我們思考校正方法，並尋求理論公式，發現必須瞭解三角函數的基本定理，才能清楚地描述兩者的摩擦阻力關係。因此組員們開始學習三角函數定理，這也是此次科學實驗的一個收穫。



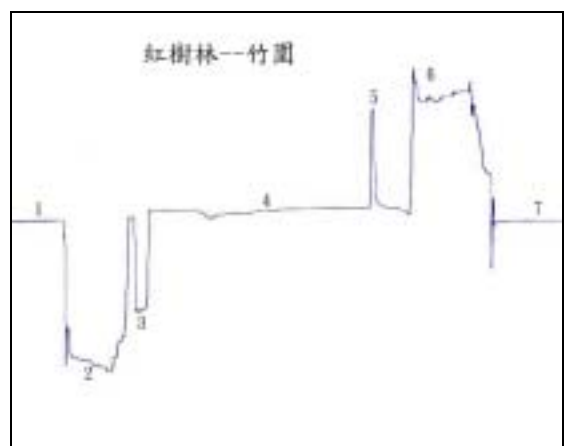
當下滑力等於摩擦力大小的瞬間，斜面上物體開始滑動

$$mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta \therefore \mu = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta$$
 然而重錘下滑瞬間的傾斜角經查閱，

採用正弦桿原理來取得，如此可消除因地面不完全水平所造成的誤差，增加測量資料的準確度。

- (三)、剛開始我們直接使用一筆蕊來當畫筆，所得軌跡彎曲斷續且不明，經想起課本中輸油管及一些容器表面利用彎曲來產生緩衝力量原理，我們將筆蕊烘成鵝頭狀，對紙面略加壓力，果然軌跡非常明顯。而後再以硬紙板製作了上、下兩個導槽，經此改善，軌跡變得精確而有助於判讀。
- 二、合理依據的取得：本次實驗做為依據的”人手伸直平均拉力”標準值，來源雖取自報導，用以判斷乘車舒適度，然而本實驗為經由實際測量車行加速度大小來作為論述，因此待相關法規明確訂定，置入後即可成為應用於公共交通工具的警示輔助儀器。
- 三、可以在加速度臨界線上加裝一觸感式蜂鳴器與警示燈，當緊急煞車或減速度過大時重錘便會碰觸該警示裝置，以提醒駕駛者給予警示作用。
- 四、本實驗儀器的紀錄紙輸出時如能在紙的出口處加設一同步捲軸，便可將輸出的紙作適當的捲收。
- 五、描繪曲線的判讀：
接著我們就以所量測之紀錄曲線，將三種交通工具分別加以分析並解釋。
首先以捷運淡水線紅樹林站到竹圍站的曲線對照分析

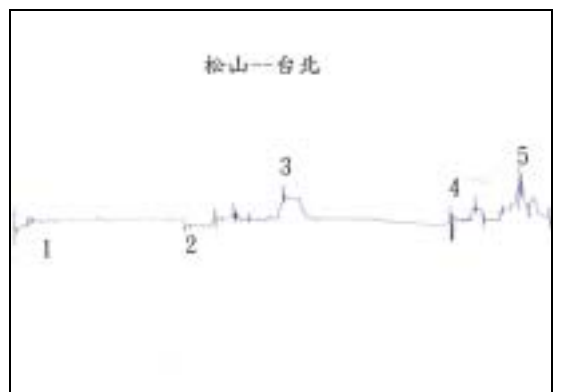
1是乘客上下車時間，2為變加速度，時間約 17sec。3為第二階段變加速，但時間約 4sec。4為等速運動階段。5為點煞車，屬於第一階段煞車，最大減速度為 1.21 m/sec^2 ，如此可避免乘客急劇向前傾之缺點。6為第二階段等減速煞車，乘客雖有感覺煞車，但不會前後搖晃，7為下一站停車時間。



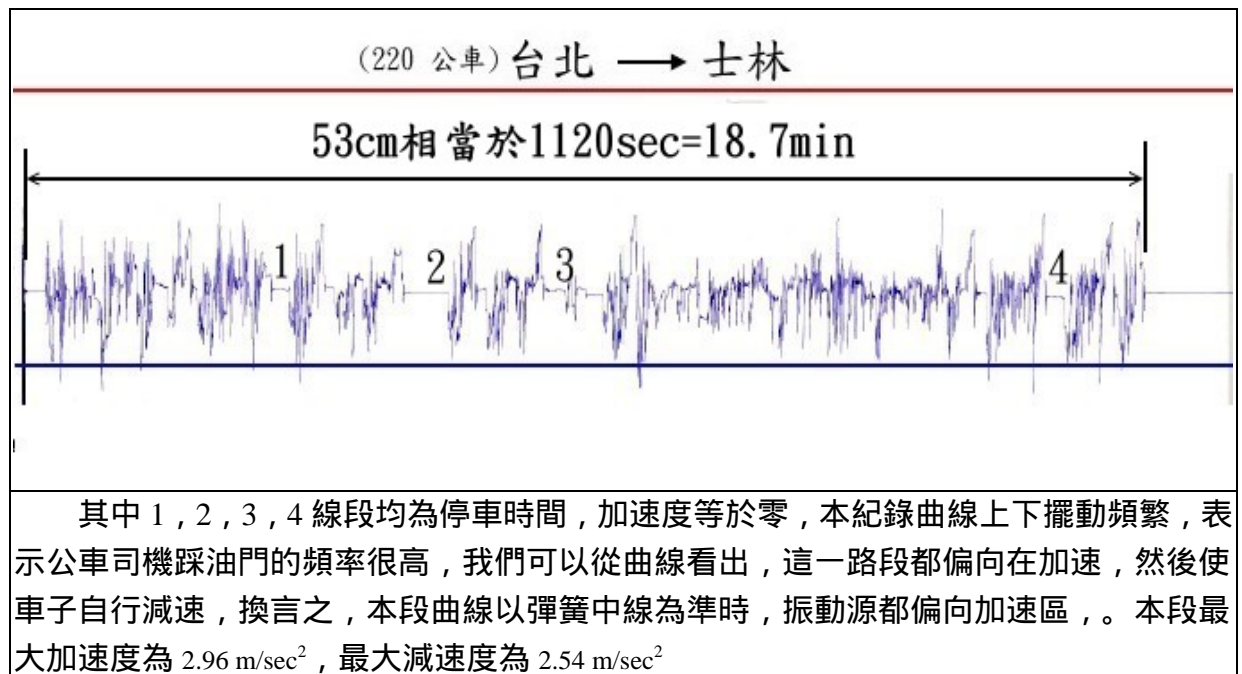
接著以自強號火車由松山往台北間之曲線對照分析

本段長度為 21km 相當於時間 444sec。

1為加速後緩緩下降，最大加速 0.72 m/sec^2 。2為小幅等加速度。3為等減速度，因為該路段為下坡故於此時等減速。4為煞車前第一次減速。5為煞車第二次減速。最大減速為 0.64 m/sec^2 。

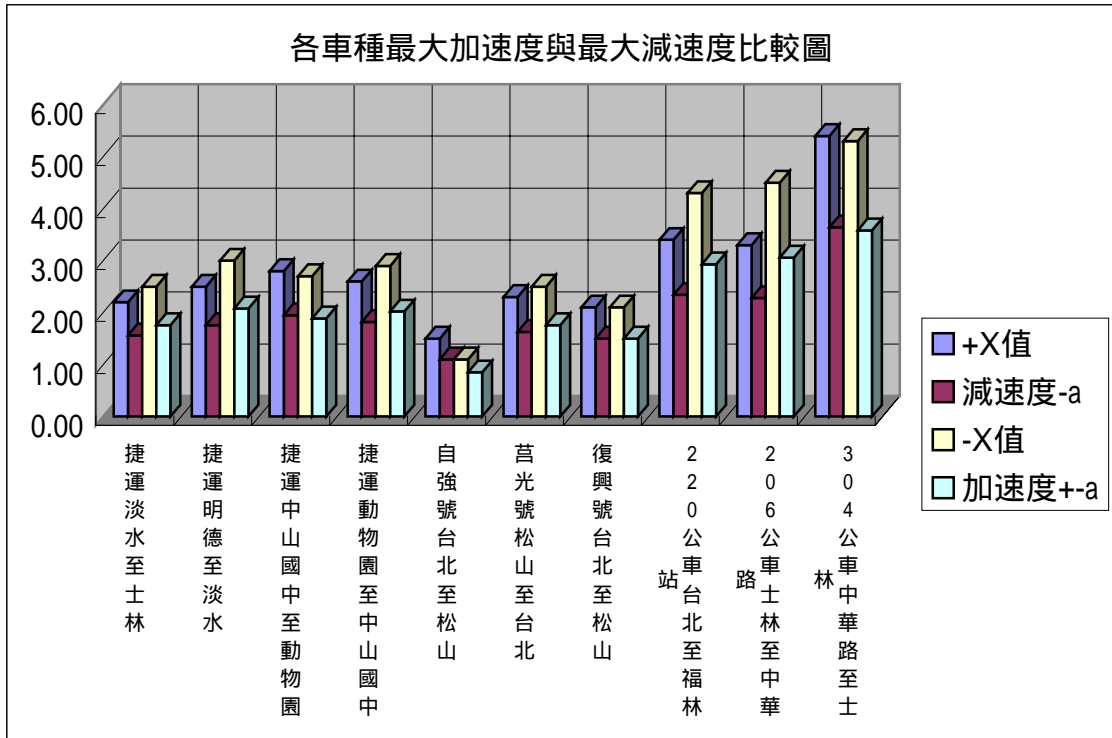


最後為公車 220 由台北至士林福林站之曲線對照分析



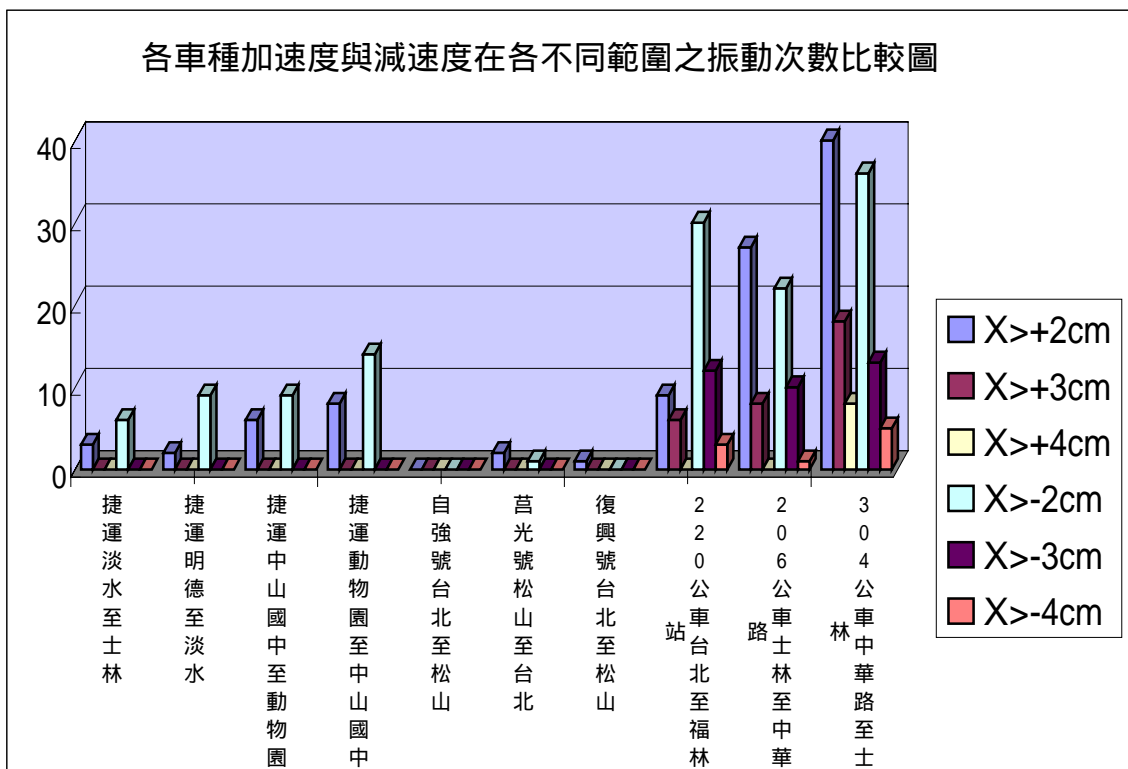
從以上的分析，我們發現曲線振動頻率越高表示加速的次數也越多，相對的行車平穩度就越差，這可由公車的行車紀錄看出；另外加速度大小的變動也影響乘車舒適的感覺，例如：捷運淡水線雖然加速度大，但其成等加速度狀態，乘車者不會有抖動的感覺，減速度曲線也沒出現來回擺動的情形，因此捷運的加速與減速模式總是令人感到很滿意。

接著，我們將各車種之紀錄曲線以圖表方式呈現可更容易看出其間之差異。



由上面圖表，我們可以發現加速度值或減速度值以 304 公車最大，而自強號最小。可由此看出其行車的平穩度。

另各車種在同一時間內，不同振動範圍的振動次數由下列圖表也可清楚的看出，也是 304 公車之振動次數最多。



捌、結論

本組所作之研究結論有下述幾項：

- 一、本作品確實可提供駕駛者與乘客很具體而明確的數據曲線以作為開車或乘車品的改善依據。
- 二、雖然改善加速度與煞車模式只是提高大眾運輸工具的舒適度之其中一項，但是這項紀錄確實可以作為發生意外時的一項具體的判讀資料，避免無謂的糾紛發生。
- 三、本儀器的另二項功用為：(一)將框架鉛直立起，可紀錄行車上下振動程度。(二)重錘水平振動方向與行進方向成垂直時，可紀錄行車時左右晃動的程度。

玖、[參考資料](#)

1. 祁明輝 等著, 國中理化第一冊 , 再版三刷, 台北市, 國立編譯館 , p146~p160 ,2002/8
2. 祁明輝 等著, 國中理化第四冊 , 初版四刷, 台北市, 國立編譯館 , p3~p49 ,2004/1
3. 褚德三 著, 基礎物理(全), 六版一刷 , 台北縣 , 龍騰文化事業公司 , p37~p40 , 2002/5 。
4. 吳森原 許乃紅 著 ,高中數學第一冊 ,初版 ,台北市 ,正中書局 , p70~p188 , 1999/12 。
5. Paul G. Hewitt 常雲惠 譯, 觀念物理 I(Conceptual Physics), 第一版第 18 次印行, 台北市 , 天下遠見出版股份有限公司 , p81 p134 , 2004/2/20。
6. 謝文隆 著 , 精密測量 , 第三版 , 台北市 , 三文出版社 , p.191 p.193 , 1997/7。

評語

030805 國中組生活與應用科學科 佳作

乘車可以更舒適

本作品應用彈簧彈性、接觸面摩擦力及運動加速度等基本原
理，設計一能全程記錄行車加速度或減速度大小的儀器，並
經彈簧 K 值量測、重錘在滑桿上之摩擦係數量測等儀器校正
過程，完成器材的製作，再經實地實驗儀器之功能，量測捷
運、火車及公車之加速與減度情況，提出改善加速度與煞車
模式以提高大眾運輸工具舒適度的建議，為一優秀的作品，
故被推薦為佳作。