

# 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 物理科

080115

多此一舉？後車窗雨刷存在必要性之探討

學校名稱：高雄市立文府國民小學

作者： 小六 邱胤瑋 小六 何承恩 小六 張育瑄 小六 曾柏瑞 小六 辛品嫻	指導老師： 莊婷嬪
---	--------------

關鍵詞：臨界角

# 多此一舉?--

## 後車窗雨刷存在必要性之探討

### 摘要

休旅車的後車窗傾斜角度大，常有雨刷的配備，但是在我們的想法裡，玻璃傾斜角度大，水滴容易受地心引力影響往下滑落，所以應該是傾斜角度小的一般房車才需要後雨刷。

我們自製器材來探討玻璃傾斜角度與雨滴大小的關係，還有風力大小、玻璃塗料對雨滴滑落的影響，並設計問卷了解開車者對後雨刷的使用習慣。

研究後發現，所謂的防撥水玻璃塗料不是減少水的附著力，而是增加水的內聚力與附著力，形成完整水珠待夠重時以不留水痕的方式滑落，但在細雨時，水滴不夠重無法滑落，需要雨刷幫忙。

實驗得知，風小時，在不同傾斜角度的後車窗均可量到風力，但是風力大對傾斜角度大的後車窗沒有帶動雨滴下滑的作用，結論是當風大，雨滴小時才需要用到後雨刷。

## 壹、研究動機

看著馬路上川流不息的車子，我們發現有些車子有後雨刷有些沒有，仔細觀察後又發現，後車窗傾斜接近 90 度角的休旅車幾乎都有後雨刷，而後車窗角度傾斜比較小的一般房車幾乎沒有後雨刷，這現象引發我們的好奇與討論：照理說，傾斜比較小的一般房車雨滴容易附著在玻璃上，不容易掉下來，是需要雨刷的！傾斜接近 90 度角的休旅車後車窗雨滴很容易因為地心引力影響而往下滑落，為何反而需要雨刷呢？是因為什麼原因呢？

我們觀察並拍攝馬路上常見有後雨刷的車款，進行後車窗角度的分析，並利用自製的實驗裝置，分析大小不同的雨滴在不同角度車窗滑落的情形，並比較不同風速、有無玻璃塗料下雨滴滑落的差異，找出需要用到後雨刷的時機。

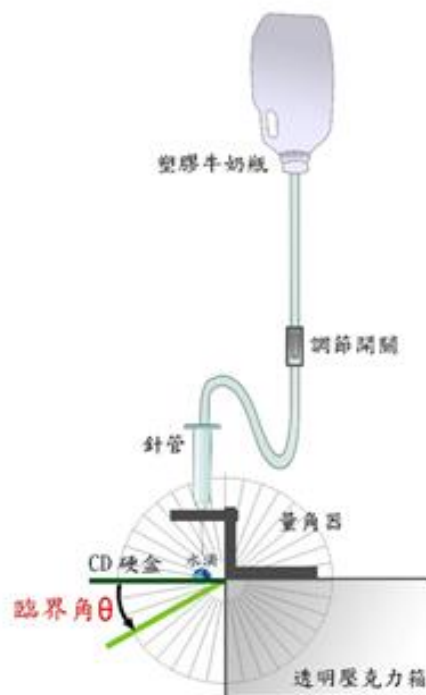
## 貳、研究目的

- 一、比較不同大小水滴自光滑玻璃面開始下滑的臨界角
- 二、比較不同大小水滴從不同塗料表面開始下滑的臨界角
- 三、比較不同風速下，風通過不同傾斜角度後車窗的流動情形
- 四、比較不同風速下，風通過不同角度後車窗的位置後的風速變化
- 五、了解開車者對於後雨刷的使用習慣
- 六、分析有後雨刷車子後車窗傾斜角度與雨量、風速之間的關係

## 參、研究設備與器材

### 一、自製滴水系統

器材：2L 鮮奶桶、樂高積木、點滴注射管、針管、CD 空盒

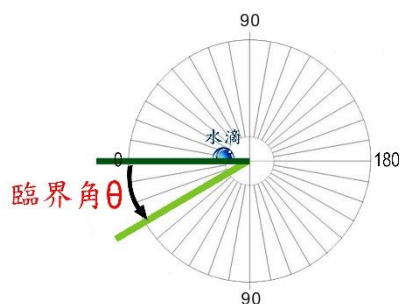


## 二、 模擬後車窗角度傾斜實驗

器材：CD 空盒、玻璃、量角器、長尾夾、塑膠空箱



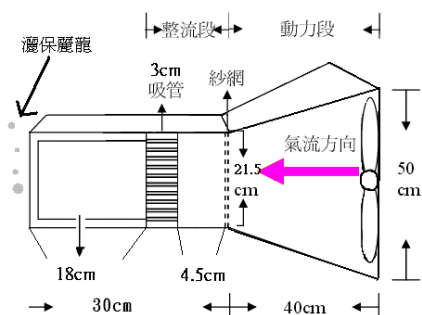
裝置圖



示意圖

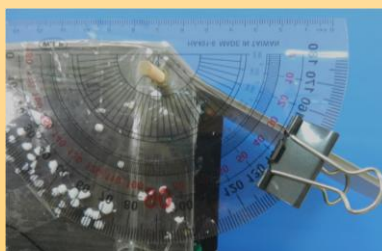
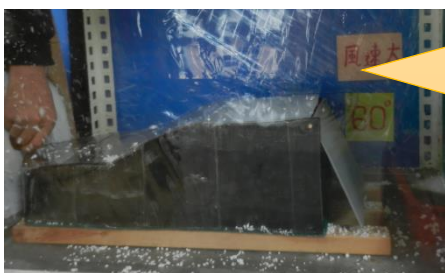
## 三、 自製垂直風洞

器材：工業用電風扇、pp板、孔徑不同的圓洞紙板、吸管、紗網、風速計、L型角鋼



## 四、 模擬車體實驗

器材：自製風洞、等比例縮小自製 PP 版模型車、保麗龍球、風速計



## 五、 玻璃打蠟塗料(三種)：

市面上玻璃打蠟塗料琳瑯滿目，依價格高低選擇價差不同的三組來做比較

種類	日本蠟	奈米蠟	普通蠟
價格	320m 元/250ml	165 元/200ml	99m 元/500ml
產地	日本	台灣	台灣

<p>特色： 均強調撥水效果，水滴不易附著</p>	
-------------------------------	--

## 肆、研究過程與方法

### 一、【研究一】市面上常見車款後車窗傾角度分析

- (一).至大賣場、百貨公司及學校的停車場，進行有後雨刷車款的照片蒐集，
- (二).在照片上畫出水平基準線，利用量角器，分析各車款代表車型的後車窗玻璃的傾斜角度。
- (三).與一般沒有後雨刷房車相較，比較角度上的差異。
- (四).根據此實驗角度分析的結果，作為我們接下來的研究設計參考。



### 二、【實驗一】確定水滴大小的穩定性

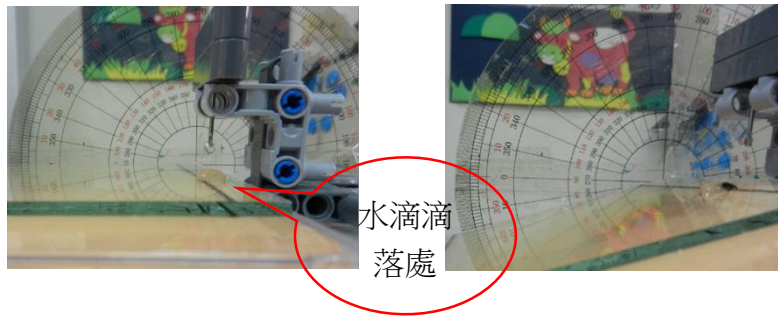
- (一).將點滴筒掛至高處，並將水管接上。
- (二).將水管接到實驗的出水處並固定。
- (三).將容器放在電子天平上並歸零。
- (四).將水管流處的 50 滴水滴倒在容器中測量重量，重複十次。
- (五).測量出一滴水的平均重量



### 三、【實驗二】測量靜止水滴下滑的臨界角

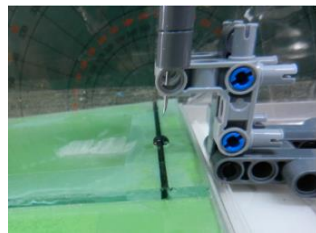
- (一).利用自製後車窗角度傾斜實驗儀器，由自製滴水系統產生一滴水滴，滴在在水平接觸面起點線上。
- (二).逐漸調整接觸面的傾斜角，以水平線為基準 0 度，直到水滴開始滑下，記錄此臨界角。

(三).增加水滴數，至 10 滴水，重複上述步驟。

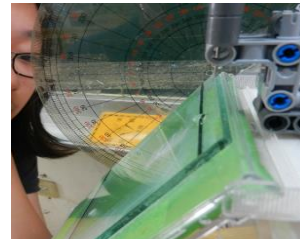


#### 四、【實驗三】比較不同塗料表面水滴的下滑臨界角

- (一).利用自製後車窗角度傾斜實驗儀器，由自製滴水系統產生水滴，滴在水平接觸面起點線上。
- (二).逐漸調整接觸面的傾斜角，直到水滴開始滑下，記錄此臨界角。
- (三).在玻璃表面塗上不同塗料，重複上述步驟。
- (四).實驗裝置圖如下。
- (五).比較各種塗料的臨界角，藉此分析水珠下滑時的斜面分力大小，並做一比較。



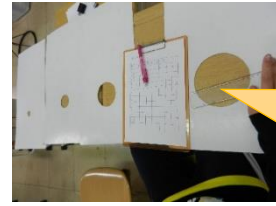
水滴滴在在水平接觸面  
起點線上



逐漸調整接觸面的傾斜  
角，水滴開始滑下

#### 五、【實驗五】自製垂直風洞製造風力

- (一).使用工業用電風扇產生風力，以 pp 板、吸管、紗網、角鋼製作垂直風洞。
- (二).在矩形 pp 板裡面塞滿吸管(圖二)，。當紊亂的空氣通過這些吸管之後，就會變成比較穩定的空氣，這是風洞裝置中的整流部；利用厚紙板上製作直徑不同的圓洞，運用伯努力定律，當出風口孔徑不同時，會產生大小不同的風速。
- (三).緊鄰風扇測量風扇原始風速(快速.慢速)，再以快速送風，在出風口更換不同孔徑的厚紙板，測量出風口風速，選擇適當風速作為接下來的實驗風源。
- (四)實驗裝置圖



各種不同孔徑  
大小的出風口

#### 六、【實驗六】觀察風流過不同後車窗角度的流動軌跡

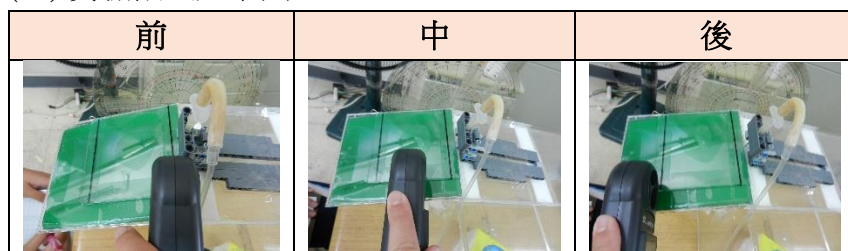
- (一).利用自製模擬車體實驗儀器及風洞儀器，產生大小不同的風力，在出風口將灑出保麗龍碎屑。
- (二).逐漸調整後車窗玻璃的傾斜角，以錄影方式記錄保麗龍碎屑流動的軌跡。
- (三).以自製風洞製造不同風速，重複上述步驟。
- (四).實驗裝置如右圖。
- (五).將所截取的影片與【實驗七】數據做一比較與分析。



#### 七、【實驗七】測量風通過不同後車窗角度及位置的風速

- (一).以自製風洞製造不同風速，吹向模擬後車窗角度傾斜實驗器材，並在模擬車窗的前.中.後三個點以風速計測量(如圖)，記錄該位置風速 10 次。
- (二).逐漸調整接觸面的傾斜角，重複上述步驟。
- (三).以不同的風速吹模擬車窗的玻璃，重複上述(一). (二).步驟。

(四).實驗做法如下圖：



#### 八、【研究二】汽車雨刷使用問卷調查

(一).設計「汽車雨刷使用問卷」如附件一

(二).將問卷發給全校六年級學生家長填寫，統計回收問卷

(三).分析有後車窗雨刷車主對後雨刷的使用習慣



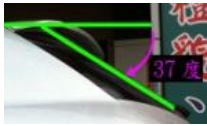
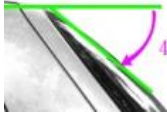











## 伍、研究結果與討論

### 一、【研究一】市面上常見車款後車窗傾角度分析

#### (一).統計結果一：有後雨刷車款(休旅車)


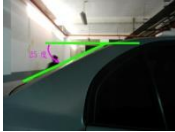


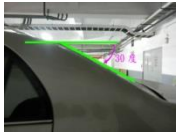
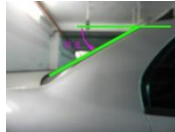


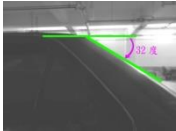
##### 1. 統計數據：

(表一)各種車款後車窗傾斜角度分析

角度	車型 . 車款			
37°	 LUXGUN SUV7 2009			
42°	 NISSAN MARCH 1998			
50°	 HYUNDAI I30CW 2012	 HONDA C-RV 2013		
57°	 TOYOTA WISH 2008	 MITBITSHI SPACE GEAR 1999	 NISSANX—TRAIL 2003	
60°	 MITBITSHI VARICA 2002			
66°	 FORD MAV 2003			
70°	 SUZUKI SOLIO 2001	 MITRITSHI DELCA 1993	 SUZUKI ALTO 2009	 HYUNDAI TUCSON 2008

(二).統計結果二：無後雨刷車款(一般房車)

1. 統計數據：

角度	車型 . 車款			
20°	 2008 Toyota camery			
25°	 1998 Toyota tercel			
26°	 1998 Nissan new Sentara	 2005 BENZ C200		
30°	 2001 Toyota corolla altis	 2000 Mitsubishi new lancer	 1995Toyota exsior	 1995 Honda civic
32°	 1995 Toyota corolla			

(三).討論與分析：

- 1.有後雨刷的後車窗傾斜角度最小 37°，最大為 70°，其中以傾斜角 70° 的車數量最多。因此 37°~70°的傾斜角度玻璃上均設有雨刷。
- 2.我們視覺上以為傾斜近 90°的後車窗玻璃，事實上測量出來最大角度只有 70°。
- 3.一般房車的傾斜角度範圍為 20°~32°，此後車窗傾斜角度範圍的房車沒有雨刷。
- 4.根據【研究一】的結果，後車窗 37°~70°的傾斜角範圍將作為我們接下來的研究設計參考。

二、【實驗一】確定水滴大小的穩定性

(一).實驗結果：

1. 實驗數據

(表二) 自製滴水系統穩定度實驗(50 滴水的重量)

實驗次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
重量(gw)	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78

(二). 討論與分析:

1. 計算後得知，每滴水滴的平均重量為 0.0156gw，可以確定我們自製滴水系統的儀器控制水滴的大小是十分精準的。
2. 因此我們藉由自製滴水系統來進行以下的水滴實驗。

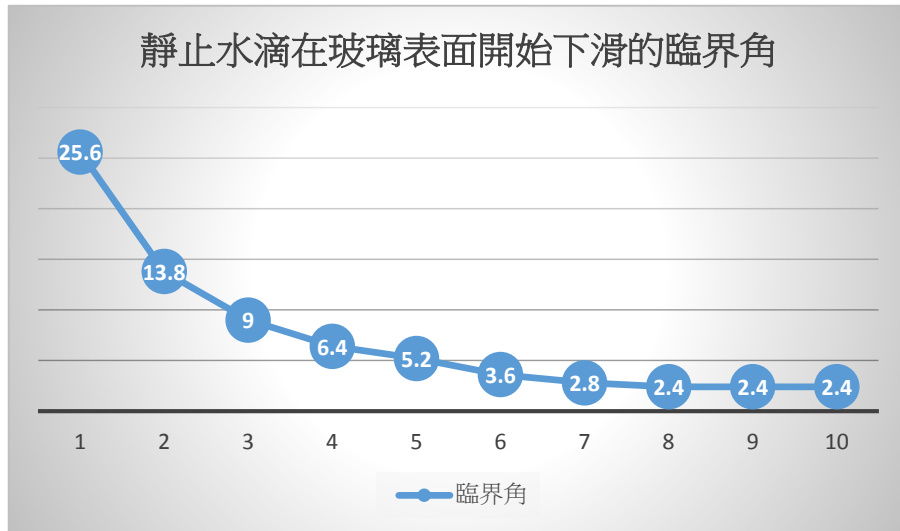
### 三、【實驗二】測量靜止水滴下滑的臨界角

(一). 實驗結果：

1. 實驗數據(平均值)

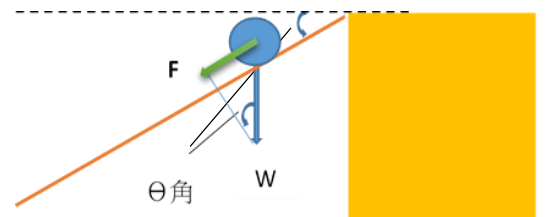
水滴數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
傾斜角	25.6°	13.8°	9°	6.4°	5.2°	3.6°	2.8°	2.4°	2.4°	2.4°

2. 關係圖

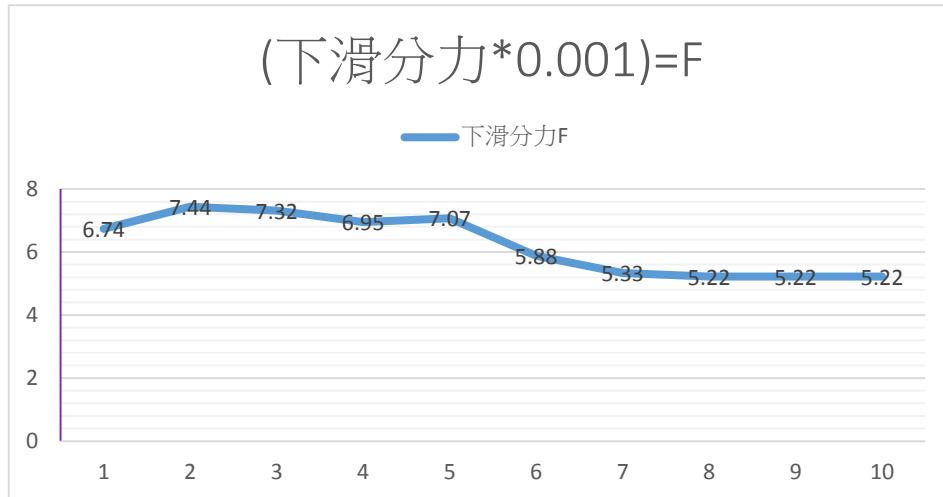


(二). 數據分析

1. 依據右圖分析水滴重量在玻璃斜面的下滑分力  $F=W\sin\theta$ ，用電算機計算出上表數據中各臨界角的下滑分力  $F$
2. 根據【實驗一】所測出每滴的水滴 0.0156 克重所計算出沿玻璃斜面的分力  $F$  值如下表：



水滴數(n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$W=n*0.015$	0.0156	0.0312	0.0468	0.0624	0.078	0.0936	0.1092	0.1248	0.1404	0.156
臨界角	25.6°	13.8°	9°	6.4°	5.2	3.6°	2.8°	2.4°	2.4°	2.4°
$W\sin\theta$ *0.001	6.74	7.44	7.32	6.95	7.07	5.88	5.33	5.22	5.22	5.22



- 由上圖可以發現，F 數值在 1~5 滴水時非常接近，平均值為 0.007104，而 8~10 滴水的 F 值為定值，我們推測 8~10 滴水的重量在玻璃斜面方向的分力已經超過水滴的附著力。
- 如果以  $F=0.00635\text{mg}$ ，利用電子計算機反推 7~10 滴水的臨界值，與實際所測的結果相比較：

$$F=W \times \sin \theta = n \times 0.0156 \times \sin \theta = 0.007104$$

水滴數 n	7	8	9	10
理論推得 $\theta$	3.73°	3.26°	2.9°	2.6°
實際測量值	2.8°	2.4°	2.4°	2.4°
誤差	24.9%	26.25%	17.2%	7.7%

### (三). 結果與討論

- 實驗結果發現，水滴越大其開始下滑的臨界角越小，我們判斷是因為水滴大，重量重，受地心引力影響所以比較容易滑落。
- 當水滴到達 8 滴時，其開始下滑的臨界角為固定值，我們推測此時水滴重量已超過附著力，因此無論傾斜角度如何，水滴均很容易滑落。
- 由此結果可以得知，微雨(水滴少)時，車窗傾斜角度如果大於 24.6°，雨滴便可以滑落，以房車的平均角度 20°~32°來看，傾斜角度低於 24.6°的 Toyota Camary 車款很容易在無風、微雨時容易有雨滴的停留。
- 由上表下滑分力 F 的分析表，可以知道 8~10 滴水臨界角的實驗值與推測的值相近，足見【實驗一】的結果具有可信度。

#### 四、【實驗三】比較不同塗料表面水滴的下滑臨界角

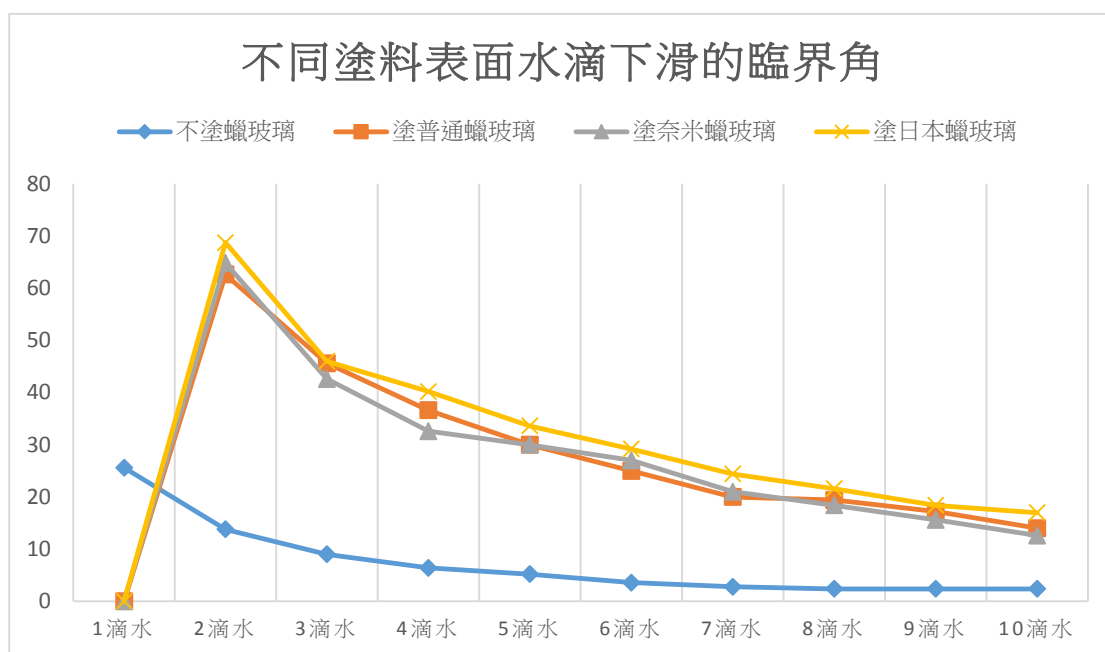
##### (一). 實驗結果

##### 1. 不同塗料表面上水滴下滑臨界角的平均值

(X:表示水滴未移動)

	不塗蠟	塗普通蠟	塗奈米蠟	塗日本蠟
1滴水	25.6°	X	X	X
2滴水	13.8°	62.6°	64.8°	68.7°
3滴水	9°	45.6°	42.6°	46°
4滴水	6.4°	36.6°	32.6°	40.2°
5滴水	5.2°	30°	30°	33.6°
6滴水	3.6°	25°	27°	29.2°
7滴水	2.8°	20°	21°	24.4°
8滴水	2.4°	19.4°	18.4°	21.6°
9滴水	2.4°	17.2°	15.6°	18.4°
10滴水	2.4°	14°	12.6°	17°

##### 2. 關係圖



##### (二). 數據分析

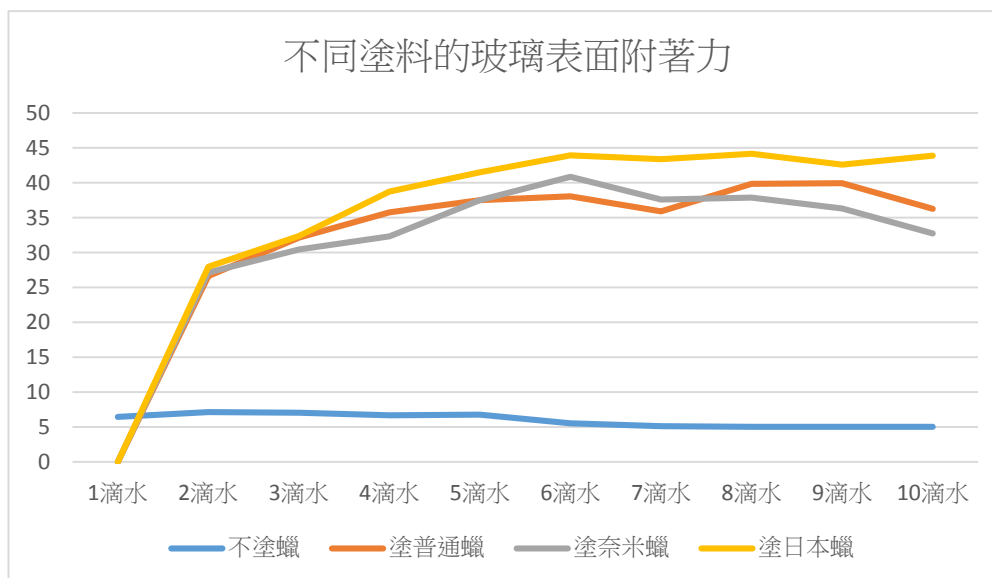
##### 1. 延續【實驗一】的實驗分析，沿斜面方向的分力

$$F = W \times \sin\theta$$

以計算機算出各種塗料表面不同大小水滴的 F 值，所得數據如下

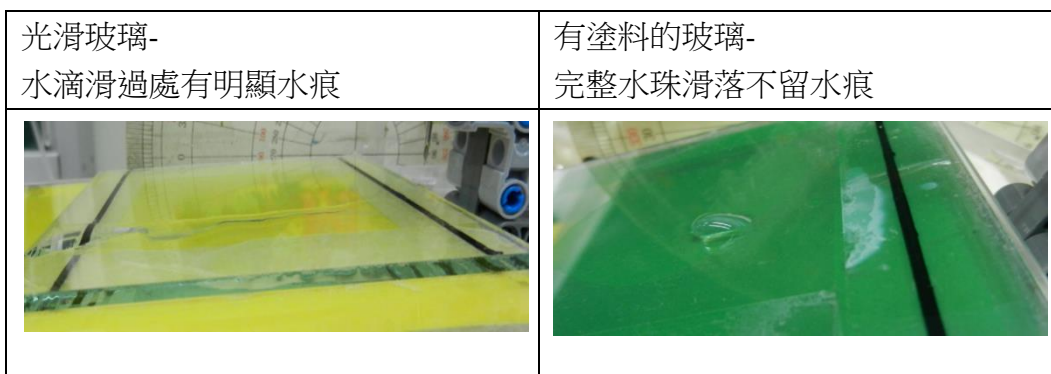
(單位:10<sup>3</sup>gw) (X:表示水滴未移動)

	不塗蠟	塗普通蠟	塗奈米蠟	塗日本蠟
1滴水	6.48	X	X	X
2滴水	7.15	26.63	27.14	27.95
3滴水	7.04	32.15	30.46	32.37
4滴水	6.69	35.77	32.33	38.73
5滴水	6.8	37.5	37.5	41.5
6滴水	5.56	38.04	40.86	43.91
7滴水	5.13	35.91	37.62	43.38
8滴水	5.03	39.86	37.88	44.17
9滴水	5.03	39.92	36.3	42.6
10滴水	5.03	36.29	32.72	43.86



### (三). 結果與討論

#### 1. 水滴滑落的水痕情形：



#### 2. 水在光滑玻璃的下滑臨界角很明顯的低於有塗料的玻璃，也就是說相同水量滴在同樣傾斜角度光滑玻璃與有塗料的玻璃

上，有塗料的玻璃上水滴反而不容易滑落。

3. 三種價格不同的玻璃塗料均讓水滴與玻璃間的附著力增加，依上圖可以看出比不塗料玻璃高出許多，約 6 倍的力。
4. 我們觀察到雖然光滑玻璃的水滴在很低的角度便可以滑落，但是在玻璃上很明顯地留下水痕，而水滴在有塗料的玻璃表面形成完整的水珠，滴落時完全離開，不留水痕。
5. 有塗料的玻璃讓水滴產生很大的表面張力(內聚力)，讓水滴形成很圓的水珠，一直到下滑時均可以維持整顆水滴的完整性，整顆滑落不留水痕。
6. 塗料的價位高低相差甚大，雖然日本蠟的附著力比其他兩種較高，但是實驗結果沒差多少，因此，建議不需要購買高價位玻璃撥水塗料，但需要使用此類塗料讓水滴滑落後視線更清晰。

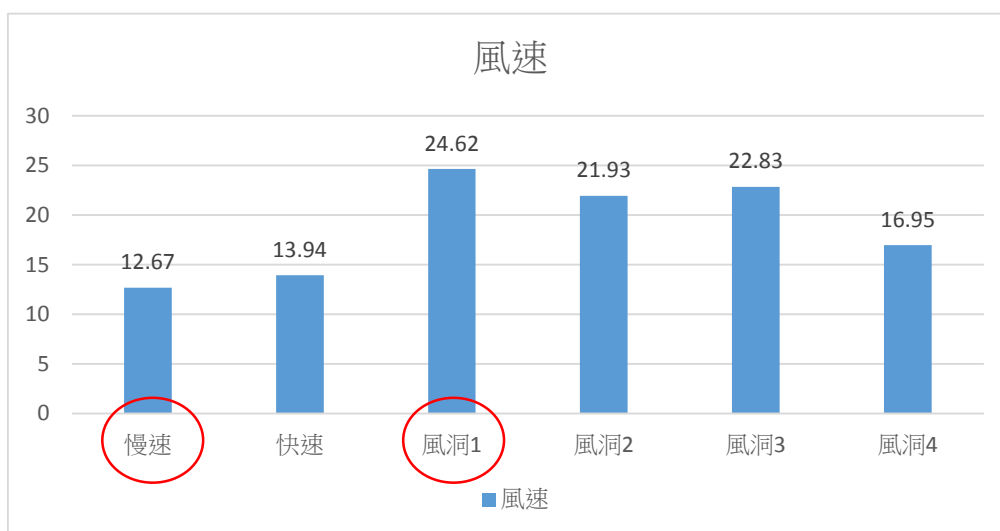


## 五、【實驗五】自製風洞製造風力

### (一). 實驗結果

#### 1. 實驗數據

	慢速	快速	風洞 1 (4.9cm)	風洞 2 (8.8cm)	風洞 3 (13.2cm)	風洞 4 (27cm)
1	12.5	13.5	24.3	22.5	21.5	16.7
2	12.2	12.5	24.5	22.5	21.5	16.7
3	12.4	13.9	24.7	21.9	24.2	15.4
4	12.7	13.6	24.9	22.2	23.4	16.7
5	12.8	13.5	24.7	21.7	23.6	16.7
6	12.8	13.6	24.7	21.2	22.9	16.7
7	13.0	13.7	24.5	22.6	22.4	18.4
8	12.7	14.7	24.6	21.6	23.3	18.9
9	12.7	15.6	24.7	21.6	22.4	15.6
10	12.9	14.8	24.6	21.5	23.1	17.7
平均	12.67	13.94	24.62	21.93	22.83	16.95








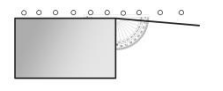
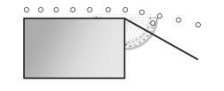
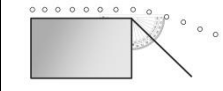
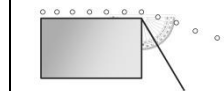
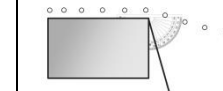
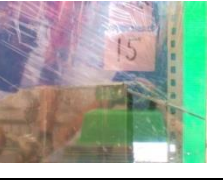




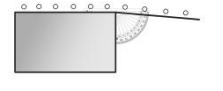
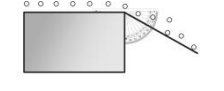
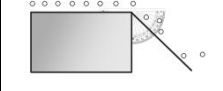
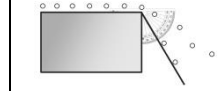
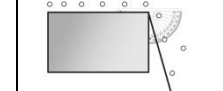
### (二). 結果與討論

1. 依實驗結果我們選擇風扇轉速【慢速】模擬微風(平均風速 12.67km/hr)，另選擇【風洞 1】模擬大風(平均風速 24.62km/hr)
2. 由於風扇出風速度最大平均值為 13.94km/hr，選擇最小孔徑所得最大的風速只有 24.62km/hr，因此只能模擬大風而非強風。



六、【實驗六】觀察風通過不同後車窗角度的流動軌跡

(一).錄影與觀察記錄結果

	15 度	30 度	45 度	60 度	75 度
風速大					
					
風速小					
					

(二).結果與分析

1. 風速小，傾斜角度 15°、30°、45°時，保麗龍碎屑比較容易在飛過時卡在後車窗上。
2. 風速大時，保麗龍碎屑飛過的軌跡比較直，不容易卡在後車窗上。
3. 我們推測是因為風速小，空氣容易下沉，風速大，風很快地就切過車頂，所以傾斜角度大的後車窗玻璃風掃不到。

七、【實驗七】測量風流過不同後車窗角度及位置的風速

(一). 實驗結果

1. 實驗數據

(微風通過不同後車窗角度及位置的風速)

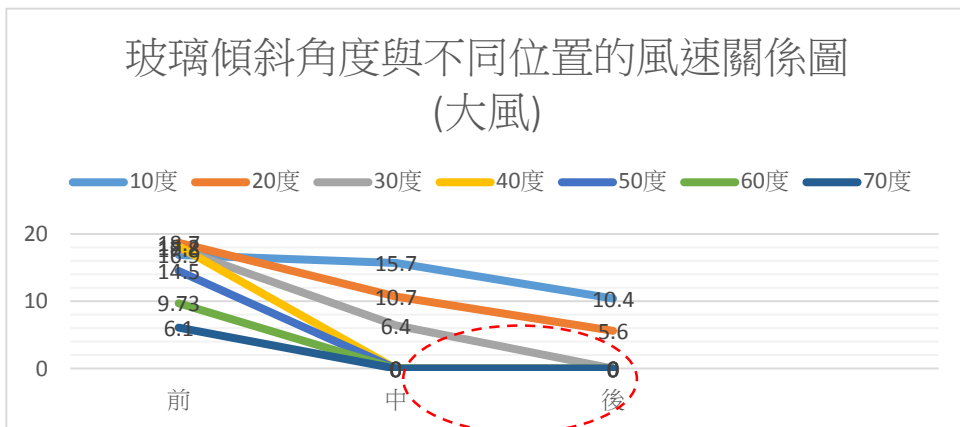
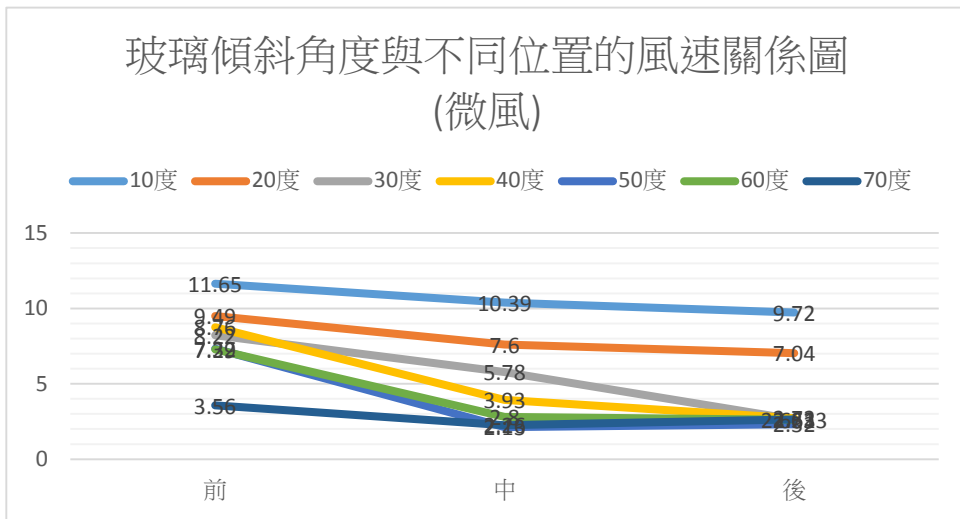
	10度	20度	30度	40度	50度	60度	70度
前	11.65	9.49	8.22	8.76	7.32	7.29	3.56
中	10.39	7.6	5.78	3.93	2.13	2.8	2.26
後	9.72	7.04	2.6333	2.72	2.32	2.61	2.63

(大風通過不同後車窗角度及位置的風速)

	10度	20度	30度	40度	50度	60度	70度
前	16.9	18.7	17.8	18.2	14.5	9.73	6.1
中	15.7	10.7	6.4	0	0	0	0
後	10.4	5.6	0	0	0	0	0

2. 關係圖

(二). 結果與分析：

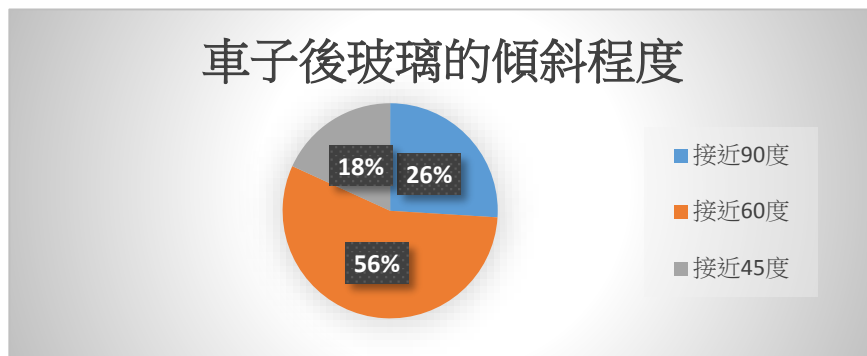


1. 微風時，就算玻璃傾斜角度達 70 度，儘管風力不大，但仍可在各個位置量到風速，表示風力可以吹到玻璃表面。因此，在雨天如果是有微風，代表玻璃上的雨滴可以受到風力的幫忙，幫助滑落。
2. 大風時，傾斜角度 30°的車窗尾端已經測不到風速，傾斜 40°角玻璃的中後兩段更是量不到風速，足見此時風已經大到直接切過車頂，對於傾斜角太大的玻璃上的水珠不會有幫助滑落的助力。
3. 當傾斜角度到達 60°以上時，不論是前、中、後的位置所測到的風力都很小。
4. 與上一個實驗觀察結果相比較，果然相吻合，當風力達到 24.62km/hr 時，後車窗傾斜角超過 45°的車子就看不見保麗龍碎屑黏掃過後車窗的軌跡。

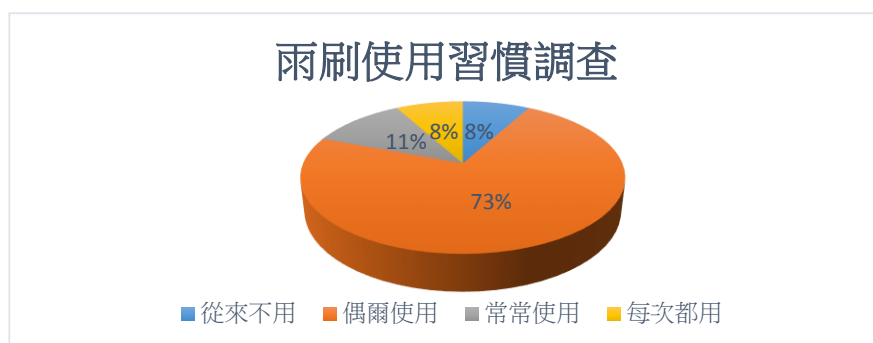
## 八、【研究二】汽車雨刷使用問卷調查

### (一).統計數據

1. 發出問卷 319 份，回收有效問卷 274 份，回收率 85.9%。
2. 家中有車者 254 人，其中有後車窗雨刷車款者共 128 人，後車窗傾斜角度目視分為三種(45°、60°及 90°)百分比如下圖



3. 根據問卷分析（附件二），下雨天常常使用及每次使用後雨刷者 25 人，只占有後雨刷車主 128 人中的 19.53%，從來不使用或是偶爾使用共占 80.47%。



4. 但是認為後雨刷有存在必要的開車者卻占 84.38%，而認為沒有存在必要的 14.8%。

(二). 結果與討論：

1. 開車階級中，有後雨刷車款的車占 50.4%，也就是有一半開車者有後雨刷的裝置，以目測傾斜角度接近  $60^\circ$  的居多。
2. 下雨天有使用後雨刷習慣的開車者很少，只有 19.53%。
3. 覺得後雨刷有存在的必要的開車者卻有 84.38%，從問卷的回答中發現，大家都將後雨刷拿來當清潔刷使用而不是在下雨天使用。

## 陸、討論

- (一). 實際路面會有很多灰塵或是雨滴裡會有雜質，在水滴的附著力及內聚力這部分會有影響，但在本實驗中不去探討這一部分，在實驗室以無風的理想狀態下進行實驗。
- (二). 我們利用自製風洞，產生大小不同的風速有侷限，一般道路車速 40~60 km/hr，如果沒有逆風，那風速也可達到 40~60 km/hr，所以，在設計上可以再研究改進增加風速。
- (三). 玻璃表面有沒有塗料對水珠的內聚力及附著力影響很大，我們發現滴在有塗玻璃潑水塗料的水滴會形成很完整的半圓形水珠，可以再進一步探討水珠的內聚力變化。
- (四). 在有風的狀態下，水滴很難準確的滴落在玻璃起點線上，也很難測量出不同大小水滴下滑的臨界角，因此無法找出風力大小與水滴附著力之間的關係，但是在實際開車狀況的前方玻璃觀察到，雨滴會被風逆向吹向上，因此風力可以抵抗水的附著力，讓水滴上升或下降。
- (五). 問卷調查對象為某國小六年級 11 個班級的全體家長，樣本數為 319 份，無法代表全國人口的樣本，僅做為研究參考。

## 柒、結論

(一).一般房車的後車窗傾斜角度為  $20^{\circ}\sim 32^{\circ}$ ，沒有後雨刷，而休旅車的後車窗傾斜角度範圍在  $37^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 之間的玻璃上均設有雨刷。

(二).實驗研究後分析雨刷在各種狀態下使用時機：

### 無風時

#### 1.無潑水塗料時:

(1) 小水滴在傾斜角度低於  $25.6^{\circ}$ 時容易附著在玻璃表面，但只要水滴超過  $0.0468\text{gw}$ ，傾斜角度超過  $9^{\circ}$ 便會滑落，意即以一般房車的後車窗傾斜角度( $20^{\circ}\sim 32^{\circ}$ )水滴都可以自行滑落，但易留水痕影響視線。

(2) 無風小雨時不論是休旅車或是一般房車均需要雨刷幫助水滴下滑。

#### 2.有潑水塗料時:

水滴下滑的臨界角增大，內聚力也增加，重量少於  $0.06\text{gw}$  小水滴需玻璃傾斜至  $35^{\circ}$ 以上才會滑落，也就是一般房車容易有水滴停留在車窗上，需要使用雨刷。

雨滴大時(大於  $0.06\text{gw}$ )，不論是休旅車或是一般房車均不需要雨刷。

### 有風時

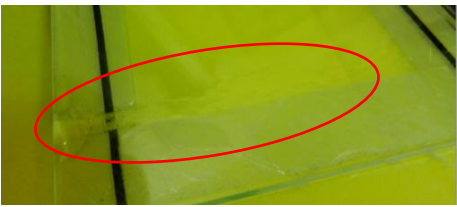
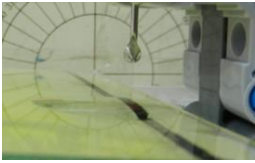


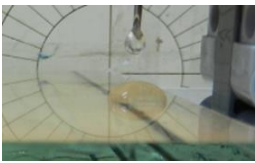

#### 1. 微風:

風速慢，在後車窗各種傾斜角度及位置均可測量到風速，意即風速小時，不論是一般房車或是休旅車，風均會通過後車窗，可以幫助水滴下滑，不需要雨刷。

#### 2. 大風:

風速大，風直接通過車頂，在傾斜角度  $30^{\circ}$ 的車窗後端量不到風速，因此，以休旅車的傾斜角度( $37^{\circ}\sim 70^{\circ}$ )來看，風力幫助雨滴下滑的作用太小，此時若是有塗潑水塗料、雨滴又不夠大，休旅車便很需要雨刷的幫忙。

(三).原本認為玻璃表面塗防撥水的塗料會減少水滴的附著力，但經實驗後發現剛好相反，不但附著力增加，內聚力也增加，形成完整圓形的大水珠(如下圖)，需要更大的傾斜角度水滴才能滑落，但是水珠在有塗料玻璃上滑落的過程中，均維持完整的水滴形狀不會有水痕(如下圖)，因此玻璃視線容易保持清晰。

	下滑的狀況		在起點的水滴形狀	
光滑玻璃		水痕明顯		無塗料玻璃上的水珠 
塗料玻璃		無水痕， 整顆滴落		有塗料玻璃上的水珠 

(四).根據調查統計資料，有後雨刷車主從來不使用或是偶爾使用雨刷的比例占 80.47%，而使用時機從問卷回答中得知大部分是灰塵太多拿來清潔玻璃用。

(五).總結實驗結果，後車窗在傾斜角度大、風速大、有塗撥水塗料、雨滴小的時後建議使用雨刷。

## 捌、參考資料

劉育祐，"接觸角的遲滯現象研究:液珠與氣泡在傾斜的板子上之行為"，國立中央大學化學工程與材料工程學系碩士論文(2012.6)

許家豐，"液滴動態成形過程之實驗與分析"，中國文化大學工學院機械工程學系數位機電碩士班碩士論文(2013.6)

中華民國第 50 屆全國科展 國小物理組第二名作品 迴旋奇機-解開珍珠板飛機迴旋的終極密碼

國小自然與生活科技 5 上，力與運動，康軒出版社，台北

國小自然與生活科技 3 上，空氣和風，翰林出版社，台北

# 附件一：汽車雨刷使用問卷

## 汽車雨刷使用問卷調查表

親愛的先生/小姐，您好：

這是一份調查汽車雨刷使用情況的問卷，我們想了解您使用汽車雨刷的習慣，希望您能夠為我們填寫這份問卷。問卷內容將作為本校科展統計之用，並不對外公佈，請安心作答。謝謝您的合作！

科展團隊全體敬上

以下問題請您依據實際狀況，在□中打✓

##若您家中沒有車子，可請有車子的親戚(或朋友)代為填寫##

1. 請問您的性別：

男  女

2. 請問您家中共有幾個人(包括您自己)？

1個人  2個人  3個人  4個人  5個人  5人以上

3. 請問您家中有車子嗎？

有  沒有

4. 請問您的車子 **附有後雨刷** 的有幾台？

0台 (問卷到此結束，感謝您的配合)  1台  2台  3台  3台以上

5. 請問您家中有 **後雨刷** 車子的品牌？(若有2台以上，選擇其

中一台作答即可。)

<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 
<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 其他：_____		

6. 請問您家有後雨刷的車子的 **外型** 屬於下列何者？

<input type="checkbox"/> (休旅車或廂型車) 	<input type="checkbox"/> (一般房車) 
<input type="checkbox"/> (掀背車) 	<input type="checkbox"/> (跑車) 
<input type="checkbox"/> 其他：_____	

7. 請問您該台車子後玻璃的 **傾斜程度** 較接近下列哪一張圖？

 90度 <input type="checkbox"/> 接近	 60度 <input type="checkbox"/> 接近
 45度 <input type="checkbox"/> 接近	<input type="checkbox"/> 其他：_____

8. 請問您家後雨刷的位置是下列哪一張圖？

<input type="checkbox"/> (在下面) 	<input type="checkbox"/> (在上面) 
------------------------------------	------------------------------------

9. 下雨時，您使用後雨刷的習慣為何？

從來不用  偶爾使用  常常使用  每次都

10. 請問您覺得下雨天時使用**後雨刷**，後雨刷的效果好嗎？

好，因為\_\_\_\_\_

還好

不好，因為\_\_\_\_\_

11. 如果沒有下雨的時候，您使用後雨刷的習慣為何？

從來不用

偶爾使用，因為\_\_\_\_\_

常常使用，因為\_\_\_\_\_

12. 您覺得汽車後雨刷有存在的必要嗎？

有，因為\_\_\_\_\_

沒有，因為\_\_\_\_\_

問卷到此結束！感謝您的配合！



附件二：

問項 10 統計表		
請問您覺得下雨天時使用後雨刷，後雨刷的效果好嗎？		
效果	原因	筆數
好	1.可看清楚後方來車	4
	2.視線會變好	2
	3.會看比較清楚	3
	4.增加後擋玻璃的解析度、能見度	1
	5.尤其雨大時	1
	6.雨刷片有在保養，玻璃有在擦	1
	7.下大雨的時候，心裡更安心	1
還好	無	72
不好	1.後雨刷該換了	1

問項 11 統計表		
如果沒有下雨的時候，您使用後雨刷的習慣為何？		
使用頻率	原因	筆數
從來不用		71
偶爾使用	1.玻璃髒	3
	2.清理灰塵	1
	3.看不清楚	1
	4.沖刷玻璃	1
	5.擦窗	1
	6.清潔後擋玻璃以增加能見度	1
	7.要清潔一下	1
	8.玻璃有時髒髒的，會偶爾噴些水，使用雨刷	1
常常使用		0

問項 12 統計表

您覺得後雨刷有存在的必要嗎？		
	原因	筆數
有	1.看得清楚	12
	2.雨天時只有除霧線，還是得等上一段時間後，後玻璃才會清晰	1
	3.方便	2
	4.下雨可以使用	6
	5.可清楚看到後方來車	14
	6.需要用到	2
	7.後玻璃也會髒	1
	8.雨大倒車時有必要使用	1
	9.安全	3
	10.下雨時可看清楚後方	8
	11.清潔後擋玻璃以增加能見度	1
	12.為何前面後，後面不能有	1
	13.擦窗	1
	14.還是有用途	2
	15.在高速公路上，能刷乾淨雨滴看清後方	1
	16.有比沒有好，想使用時才可使用	1
	17.倒車可以看得更清楚	2
	18.要清除雨水	1
	19.無原因	23
沒有	1.玻璃清淨，就無作用	1
	2.開車是看前面，不是後面	1
	3.沒在看後面	1
	4.沒在用	1
	5.我不常使用	2
	6.感覺沒有實質作用	1
	7.沒使用後雨刷，依舊能開車	1
	8.多一項耗材	1
	9.無原因	5

## 【評語】 080115

對於研究所使用的工具準備齊全，後車窗存在及安全性的必要性採用風力及附著力之分析，且綜合各種外在條件來作結論。綜合各方面，可以感受同學的努力，在作品呈現及特色的展現應有更大的空間。