

四輪車和小山坡

高小組物理科第三名

高雄市瑞豐國民小學

作者：陳儀彰、蔡卓儒、陳靖、林聖偉

指導教師：周璧瑩、陳清泉

一、研究動機

六上自然課本我們在做「四輪車和小山坡」實驗時，發現學校所用的實驗器材不太理想，四輪車常偏離軌道，木塊被撞後常亂滾，距離很難測量，我們心想能不能有更好，又簡單的方法呢？

二、研究目的

- (一)探討測量撞擊力大小的簡易方法。
- (二)探討影響撞擊力大小的因素。
- (三)探討測量瞬間撞擊力大小的方法。

三、研究器材與設備

四輪車、長木板、天平、彈簧秤、尺、雙面膠帶、塑膠針筒、壓力錶、量角器、砝碼、長木尺。

四、研究過程與方法

實驗一：塑膠針筒能取代木塊做撞擊力大小的試驗嗎？

方法：①做一個長120cm 寬50cm 可以調整角度的斜面。②用長100cm的長木尺3支隔成兩條跑道，防止車子偏斜。③將不同容積的注射筒，用木條和雙面膠固定於跑道末端中央位置。④斜面斜度 20° ，長60cm。⑤改變車子的質量（甲）空車（乙）加5個螺帽（丙）加10個螺帽（丁）加15個螺帽（戊）加20個螺帽。⑥測量各針筒，活塞被推動的距離，十次算其平均值。

結果：

注射筒容積 活塞被推動距離 質量	1 c.c	3 c.c	6 c.c	10 c.c	20 c.c
空 車	2.1 cm	1.3 cm	0.8 cm	0.6 cm	0.51cm
加 5 個螺帽	3.6 cm	1.9 cm	1.2 cm	1.0 cm	0.68cm
加10 個螺帽	推	2.9 cm	1.5 cm	1.35cm	0.88cm
加15 個螺帽	到	3.6 cm	2.0 cm	1.7 cm	1.1 cm
加20 個螺帽	底	到底	4 cm	2.2 cm	1.27cm

分析：(1)用注射筒代替木塊來測量撞擊力大小非常方便，容易測量而且結果穩定，誤差小。

(2)注射筒容量愈大，活塞摩擦力愈大，被推動的距離愈小。所以我們可根據撞擊力大小來選用適當容量的注射針筒。

(3)以我們課內的實驗以6c.c左右最適合。

實驗二：斜面的斜度不同，車子撞擊力一樣嗎？

方法：(1)車子質量空車加5個螺帽。(2)斜面長60cm。

(3)注射筒容量6c.c

結果：

次 數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均 cm
活 塞 被 推 動 距 離 (cm)											
斜 度											
15°	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
20°	1	1	1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1
25°	1.4	1.4	1.5	1.5	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.4
30°	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
35°	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	1.9	1.9	1.8	1.8	1.85

分析：斜面的斜度愈大，撞擊力也愈大，活塞被推動的距離愈遠。

實驗三：斜面的長度不同，車子的撞擊力一樣嗎？

分析：(1)車子質量空150公克。(2)斜面斜度20°。

(3)注射筒3c.c。

結果：

次 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
活塞被推動距離 (cm)											
斜面長度											
30cm	1.7	1.6	1.7	1.7	1.6	1.8	1.6	1.7	1.7	1.6	1.7
40cm	2	1.9	2	2	1.9	2.1	2	1.9	1.9	2	1.98
50cm	2.2	2.3	2.2	2.4	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.4	2.27
60cm	2.4	2.4	2.4	2.5	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
70cm	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	2.6	2.5	2.7	2.6	2.5	2.57

分析：斜面的長度愈長，車子撞擊愈大，活塞被推動的距離也愈遠，但車子受軌道兩旁阻力的影響，雖然斜面長度增加很多，但撞擊力增加不多。

實驗四：撞擊物和被撞擊物的撞擊力都一樣嗎？

方法：(1)在撞擊車子用雙面膠黏一個6c.c的注射筒來撞擊軌道末端的6c.c的注射筒。

(2)測量兩個活塞被推動的距離。

(3)車子質量150g，斜面斜度 20° ，長50cm。

結果：

次 數 距離 (cm) 項 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均 (cm)
撞 擊 物	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
被 撞 擊 物	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7

分析：我們發現被撞擊物的撞擊力大於撞擊物，因為被撞擊物是固定不動的，所以撞擊力完全由活塞所承受，而撞擊物是活動的，當它受到撞擊時，會向後反彈，吸收了一部分的撞擊力，所以活塞被推動的距離較短。

實驗五：撞擊物的質地會影響撞擊力的大小嗎？

方法：(1)取長20cm寬10cm厚1cm的木板、鐵板、海棉、麗波龍、氣墊等不同質地的物體來當被撞擊物，測量車子上活塞被推動的距離。

(2)車子質量空車加10個螺帽，注射筒6c.c

(3)斜面斜度 20° ，長60cm。

結果：

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
活塞被推動距離 (cm)											
質地											cm
木板	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.41
鐵片	1.4	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.34
麗波龍	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.19
海棉	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.82
氣墊	0.9	1.0	1.0	1.1	0.9	1.1	1.1	1.0	0.9	1.1	1.

分析：撞擊力的大小依序是木板>鐵片>麗波龍>氣墊>海棉。被撞擊物的質地會影響撞擊力的大小，質地愈沒有彈性的，撞擊力愈大，反之愈小。

若被撞擊物有彈性則會吸收部分的作用力，所以作用在活塞的反作用力較小。

討論：我們發現用注射筒活塞被推動的距離取代方木塊被推動的距離來比較撞擊力的大小，設備簡單，而且測量容易，結果明確值得參考，但我們心想瞬間撞擊力到底是多少，能不能測定呢？

研究一：如何做一個測量瞬間撞擊力的器具呢？

測試：①將注射筒另一端封閉，推動活塞，空氣受到壓縮產生壓力，活塞要抹上機油減少摩擦力。

②用不同重量砝碼放在活塞末端，測量活塞被推動的距離，記錄下來。

不同大小注射筒在不同重量下活塞被推動的距離

重量 距離 (cm) 容量	100 g	200 g	300 g	400 g	500 g	600 g	700 g	800 g	900 g	1000 g
1 cc	3.5	4.2	5	5.2	5.5	6	6.2	6.3	6.5	6.7
3 cc	0.4	0.7	0.9	1.1	1.6	1.75	1.9	2.2	2.4	2.6
6 cc	1	1.2	1.4	1.8	2	2.3	2.5	2.7	2.9	3
10 cc	1.2	1.4	1.8	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.5
20 cc	1.2	1.3	1.6	1.8	2.4	2.6	2.8	3	3.4	3.5

分析：我們發現3c.c注射筒推動活塞的力量較適合我們實驗，所以我們便以3c.c注射筒進行下列實驗。

實驗六：車子質量不同瞬間撞擊力如何呢？

方法：①車子質量分成：ㄅ·空車，ㄆ·加5個螺帽，ㄇ·加10個螺帽，ㄎ·加15個

螺帽，勿·加20個螺帽。

(2)斜面斜度 20° 、長60cm。

(3)注射筒3c.c

(4)活塞末端綁兩支原子筆心，活塞推動時會在方格紙上畫線，測量線的長度，換算成瞬間撞擊力。

結果：

次 數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均	撞擊
距離 (cm)											cm	力量g
車子質量												
空車150g	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.51	140g
加5個螺帽	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.5	0.6	0.6	0.6	0.62	170g
加10個螺帽	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.73	210g
加15個螺帽	1.2	1.3	1.2	1.3	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4	1.4	1.32	450g
加20個螺帽	1.4	1.5	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.54	490g

分析：車子質量愈大瞬間撞擊力愈大，但當車子質量由加10個螺帽增到15個螺帽時，撞擊力卻由210g劇增到450g我們想可能是活塞摩擦力大的關係，當車子質量小時受到摩擦力影響大，但當車子質量增加到某一程度，摩擦力影響反而變小。

實驗七：改變斜面長度測量瞬間撞擊力。

方法：(1)斜面斜度 20° ，車子質量加10個螺帽。

(2)斜面長分成：30cm、40cm、50cm、60cm、70cm。

(3)其餘同實驗六。

結果：

次 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均	撞擊
距離 (cm)											cm	力g
斜面長度												
30cm	0.7	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5	0.7	0.6	0.6	0.6	0.62	170g
40cm	0.8	0.8	0.8	0.7	0.9	0.8	0.8	0.9	0.7	0.8	0.8	260g
50cm	1	1	1.1	0.9	1	0.9	0.9	1.1	1.1	1	1	360g
60cm	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1	1	1.1	1.1	400g
70cm	1.3	1.3	1.3	1.4	1.2	1.2	1.3	1.4	1.2	1.3	1.3	440g

分析：斜面的長度愈長瞬間撞擊力愈大，因為斜面長，車子加速度較大的緣故。

實驗八：改變斜面斜度測量瞬間撞擊力。

方法：(1)車子質量空車150g，斜面長60cm。

②斜面斜度分成：10°、15°、20°、25°、30°、35°、40°。

③其餘同實驗六。

結果：

次 數 活塞推動距離 (cm) 斜 度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均 (cm)	撞擊 力g
10°	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.45	130g
15°	0.7	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.73	230g
20°	0.9	1	1	0.9	0.9	0.9	0.8	1	0.8	0.9	0.9	300g
25°	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	450g
30°	1.5	1.5	1.4	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	480g
35°	1.8	1.8	1.7	1.8	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.75	600g
40°	2.3	2.5	2.5	2.5	2.4	2.5	2.5	2.4	2.5	2.5	2.45	920g

分析：斜面斜度愈大，車子加速度愈大，所以瞬間撞擊力也愈大。

討論：我們發現因為注射筒活塞摩擦力太大，所以實驗誤差很大。同樣的實驗不同日期做的結果都不一樣。而根據波義耳定律當活塞是自由活塞時氣體的體積和壓力成反比。所以我們想直接測量針筒體積的變化來知道瞬間的撞擊力。

研究二：針筒體積的大小和壓力的關係。

方法：①用玻璃針筒代替塑膠針筒，減少摩擦力。

②針筒體積20c.c，末端接壓力錶調整活塞位置使體積在10c.c時，壓力1000g/cm²，放鬆針筒量出11c.c到20c.c時，不同體積的壓力，並參照波義耳定律算出壓力2000g/cm²，3000g/cm²，4000g/cm²時，氣體的體積畫成關係圖。

結果：

體 積 c.c.	2.5	3.3	5	6	7	8	9	10	11	12	13
壓力g/cm ²	4000	3000	2000	1700	1480	1300	1120	1000	870	770	680
體 積 c.c.	14	15	16	17	18	19	20	21			
壓力g/cm ²	600	530	460	400	350	300	250	210			

實驗九：改變車子質量測量瞬間撞擊力。

方法：①針筒20c.c。

②在活塞上套一個環，當活塞被推動時可以看出針筒中空氣的體積。

(3)車子質量分成：ㄅ·空車，ㄆ·加50g，ㄇ·加100g，ㄉ·加100g，ㄊ·加200g。

(4)測量針筒的空氣體積十次，求平均值換算成瞬間撞擊力。

結果：

次 數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均	撞擊
體積c.c.											c.c.	力g
質 量												
空 車	18	18	18	17.5	18	18	18	18.5	18	18	18	350g
+50g	17	17	17	17.5	17	17	17	17	17	16.5	17	400g
+100g	16	16	16.5	15.5	16	16.5	15.5	16	16	16	16	460g
+150g	15	15	15.5	15	15.5	15	16	15.5	15	15	15.3	510g
+200g	14	14.5	15	14.5	15	14	14.5	14.5	15	14	14.5	570g

分析：(1)車子質量愈重瞬間撞擊力也愈大。

(2)針筒要保持濕潤，撞擊時才不會卡住。

實驗十：改變斜面的長度測量瞬間撞擊力。

方法：(1)同前。

(2)斜面長分成：ㄅ·30cm，ㄆ·40cm，ㄇ·50cm，ㄉ·60cm，ㄊ·70cm

(3)車子質量空車(150g)

結果：

次 數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均	撞擊
空氣體積											c.c.	力g
斜面長度												
30cm	19	19	19	19	19	19	19	18.5	19	18.5	18.9	305g
40cm	18	19	18	18	18.5	18	17.5	18	18	18	18.1	345g
50cm	18	17	17.5	17.5	18	17.5	17	17	17.8	18	17.5	375g
60cm	17	17	17	17.5	17.5	17	17	17	17.5	18	17.2	390g
70cm	16.5	16.5	16.5	17	16.5	16.5	17	16.5	16.5	16.5	16.6	436g

分析：斜面長度愈長瞬間撞擊力愈大。

實驗十一：改變斜面斜度測量瞬間撞擊力。

方法：(1)同前。

(2)斜面斜度分成：ㄅ·15°，ㄆ·20°，ㄇ·25°，ㄉ·30°，ㄊ·35°，
 ㄋ·40°

(3)車子質量空車(150g)

次數 體積c.c. 斜度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均 c.c.	撞擊 力g
15°	19	19.5	19	19	19	18.5	19	19	19.5	19	19	300
20°	17	17.5	18	18	17.5	17.5	18	18	17	17.5	17.6	380
25°	16	16.5	16	16	17	16.5	16	17	16	16	16.3	420
30°	15	15	15.5	16	16	15.5	15	15.5	16	15.5	15.6	510
35°	14	14	14.5	14	13.5	14	14	14.5	14	14	14	600
40°	13.5	13	12.5	13	13.5	14	13.5	14	13	14	13.4	630

分析：斜面斜度愈大，瞬間撞擊力也愈大。

討論：根據波義耳定律，空氣體積和壓力成反比，所以我們可以從測量針筒體積變化，知道壓力的大小，進而測出車子瞬間撞擊力。但玻璃針筒雖然摩擦力較小，但若撞擊角度稍有偏差，或不夠潤滑，容易卡住，這是大缺點。

五、結論

1. 車子的質量愈重，滑行距離愈遠，斜面斜度愈大則撞擊力愈大。
2. 利用注射筒來代替小木塊，不但方便而且容易測量，結果明確。
3. 撞擊物和被撞擊物，所受撞擊力大小不一樣，被撞擊物因固定不動，所受撞擊力較大。
4. 氣體體積和壓力成反比，從測量體積變化，可以知道壓力的大小。
5. 撞擊力受到物質的影響，海棉和氣墊較有彈性，能吸收一部分作用力，所以車子撞到這些物質時，撞擊力較小，所以目前汽車上最流行安全裝置，就是氣囊。
6. 我們從研究中，歸納出減少汽車撞擊力的方法如下：
距離近，坡度小，質量輕，行車速度慢，保持適當行車距離。

六、參考資料

1. 牛頓科學研習百科——物理
2. 歷屆科學專輯。
3. 國小自然課本（六上）

評語

作者解決問題之思考程序正確，改良斜面實驗之教具設備，在教學上有實用價值。