

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

國小組

物理科

科別：物理科

組別：國小組

作品名稱：讓氣動車跑得最遠

關鍵詞：氣體動力車、氣壓與動力

編號：080127

學校名稱：

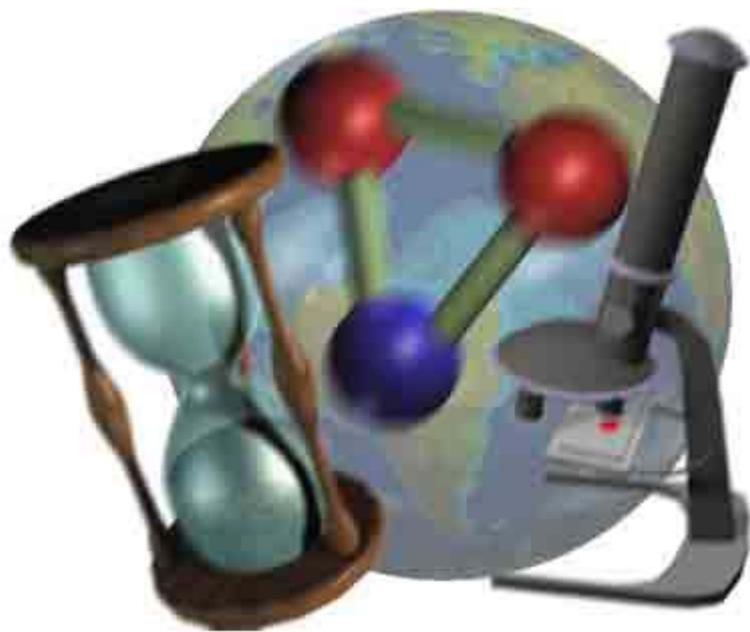
國立台南師範學院附設實驗國民小學

作者姓名：

陳語晨、蘇琬婷、吳珍毅

指導老師：

劉世雄



摘要

氣體壓力是讓氣體動力車行進的主要因素，我們企圖了解多少的氣體壓力可以讓自製寶特瓶動力車行進多少距離，因此我們在研究中探討氣體壓力、氣體體積、動力車的噴口孔徑與行進距離的關係。我們發現氣體體積、壓力或噴口孔徑較大時，能把車子推動的距離較遠，但是在一定的噴口孔徑以上呈現不穩定的狀態。我們也從實驗數據預測壓力及噴氣孔徑與氣體動力車的行進距離，並且獲得驗證。因此我們藉實驗結果推論控制壓力及調整噴氣孔徑，可以使氣體推動車子移動到預定的位置。

壹、研究動機

上自然課第六單元物體運動的快慢與方向時，老師要我們做會跑的科學玩具，我們把氣球綁在車子上，吹氣後推動車子往前跑（如下圖），氣球越來越小，車子也前進越遠，氣體的壓力到底和行進距離有何關係？是否可以判斷及預測多少的壓力可以行進多遠？或是多少距離需要多大的氣體壓力？它們的關係為何？氣球改成寶特瓶好嗎？想法一直浮現，於是我們和老師討論之後，開始著手做這個實驗。



貳、研究目的

- (一) 探討瓶內壓力的大小，與車子移動距離的關係。
- (二) 了解瓶內氣體體積大小，與車子移動距離的關係。
- (三) 研究壓力乘以體積為一定值時，車子移動距離是否相同？
- (四) 探討體積、壓力固定時，噴氣孔徑大小與車子行進距離的關係。
- (五) 分析實驗數據，提出壓力大小與噴氣孔大小的關係預測值，並驗證與測量值的差異。

參、研究設備及器材

- (一) 壓力錶、閥、管子、打氣筒、車子、膠帶、保特瓶(200、400、600、800、1000ml) 鑽孔的寶特瓶蓋(孔徑 $1/32 \sim 11/32$ in, 如下圖)



(二) 製作寶特瓶的方法：

1. 先以 400ml 為例，量取 200ml 的水，倒入寶特瓶內，並畫



上記號。(如上圖左)

2. 取另一個寶特瓶，加 200ml 的水蓋上瓶蓋後，將寶特瓶倒置，畫上記號。(如上圖右)

3. 倒掉水後，沿記號切開兩寶特瓶，另製一個寶特瓶內環，放入兩切開的寶特瓶內，使兩瓶緊接一起，再黏上膠帶。

4. 加入 400ml 的水，如寶特瓶容量太大，再切割寶特瓶，直到所要的容量為止。

5. 上膠，使兩寶特瓶及內環黏在一起。

6. 第二天，接連處再黏上一個寶特瓶的外環。

7. 相同的方法，製作 200、600、800、1000ml 的寶特瓶。

8. 在寶特瓶底部，加上底座使它們長度相同，重量相同。（如下圖）



（三）設備及器材按裝如下圖。

1. 在車子上及寶特瓶上找出其平衡點，並畫上“+”字（如下左圖）。
2. 實驗時，先將寶特瓶及車上的“+”字對齊後，綁上橡皮圈（如下右圖）。



3. 將打氣筒、壓力表、閥、夾子及綁上寶特瓶的車子，按裝如下圖。



肆、研究過程與結果

實驗一： 當瓶內的氣體體積一定，壓力大小與車子移動距離關係為何？

(一) 方法：

1. 以 800ml 的保特瓶，瓶蓋孔徑為 9/32in，將 A 閥打開（如下圖左），用打氣筒充氣，當壓力錶指示為 $0.2\text{kg}/\text{cm}^2$ ，A 閥關閉後（如下圖右），再鬆開夾子，使車子往前跑。



2. 量車子移動的距離並記錄。
3. 改變壓力為 0.4 、 0.6 、 0.8 、 $1.0\text{ kg}/\text{cm}^2$ ，重複步驟 1、2。

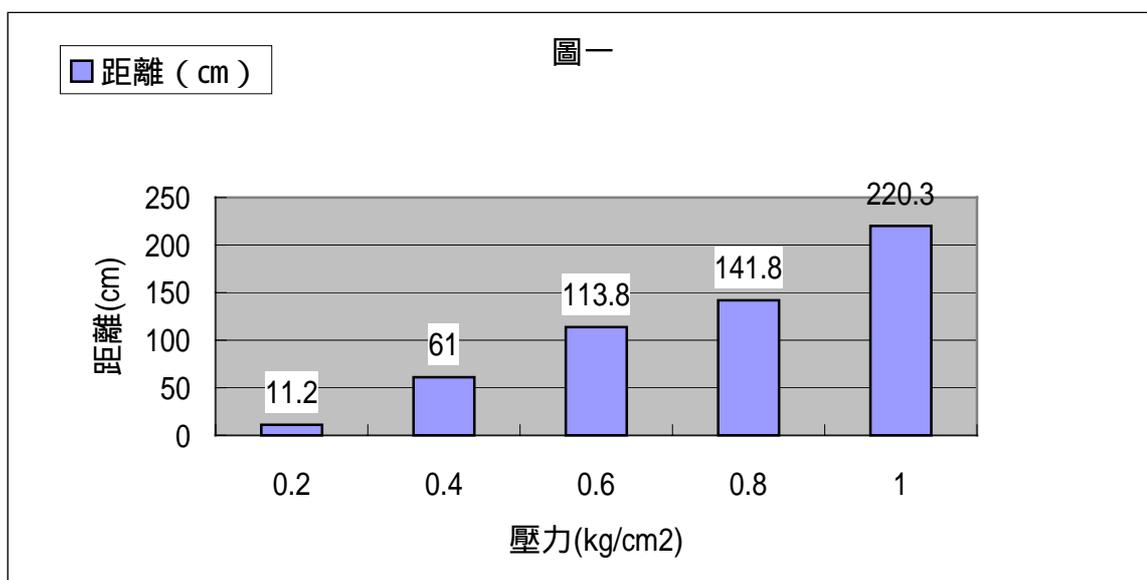
(二) 結果

在相同體積為 800ml，孔徑為 9/32in，溫度 24 下，同一壓力的實驗進行三次，計算距離的平均值，紀錄如表一，並繪成統計圖表如圖一。

表一 瓶內的氣體體積一定，壓力大小與車子移動距離的關係紀錄表

體積：800ml		孔徑：9/32in				24
壓力 (kg/cm ²)		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
距 離 (cm)	第一次	11.5	57.5	116.0	136.0	223.0
	第二次	11.0	65.0	113.0	147.5	219.5
	第三次	11.0	60.5	112.5	142.0	219.0
平 均		11.2	61.0	113.8	141.8	220.3

單位：公分



圖一 瓶內的氣體體積一定，壓力大小與車子移動距離的關係圖

(三) 發現

在體積 800ml，孔徑 9/32in，溫度 24 下，壓力為 1kg/cm²，車子移動距離最遠，因此，由實驗結果得知，壓力愈大，車子跑的距離愈遠。

實驗二： 壓力一定，瓶內氣體體積大小，與車子移動距離的關係為何？

(一) 方法：

1. 先使用容積 200ml 的寶特瓶，瓶蓋孔徑為 9/32in，當充氣達 $0.6\text{kg}/\text{cm}^2$ 時關閉 A 閥，再鬆開夾子，讓車子往前跑。
2. 量車子移動的距離並記錄。(如下圖)
3. 分別使用 400ml、600ml、800ml、1000ml 的保特瓶，重複步驟 1、2。

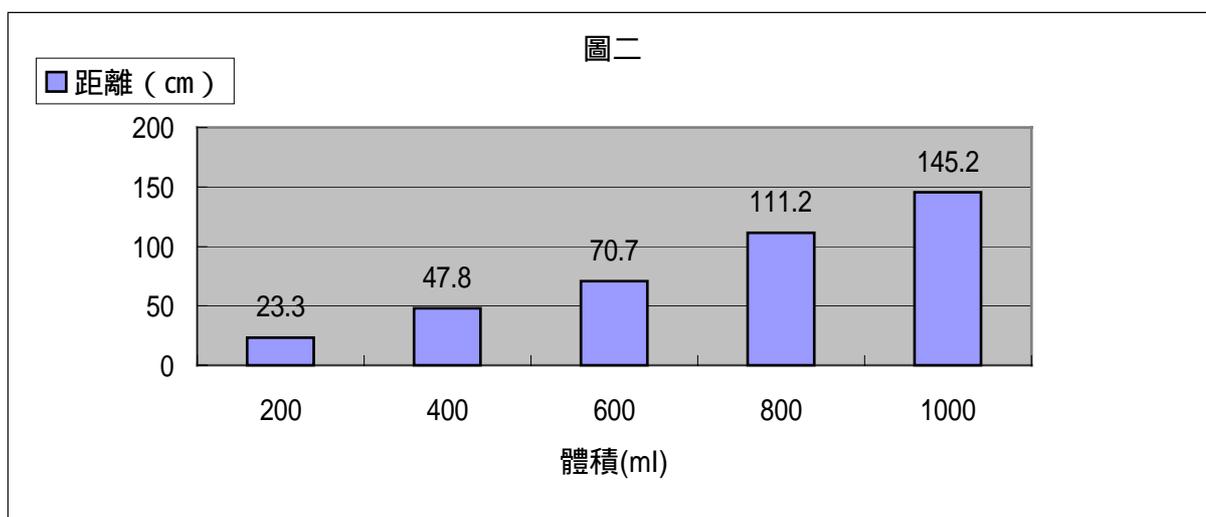


(二) 結果

在相同壓力為 $0.6\text{ kg}/\text{cm}^2$ ，孔徑為 9/32in，溫度 24 下，同一體積的實驗進行三次，計算距離的平均值，紀錄如表二，並繪成統計圖表，如圖二。

表二 瓶內的氣體壓力一定，氣體體積大小與車子移動距離的關係紀錄表

		壓力： 0.6 kg/cm^2			孔徑：9/32in 24	
體積 (ml)		200	400	600	800	1000
距離 (cm)	第一次	23.5	48.0	74.5	100.0	145.0
	第二次	23.5	49.0	71.0	114.5	144.5
	第三次	23.0	46.5	66.5	119.0	146.0
平均		23.3	47.8	70.7	111.2	145.2



圖二 瓶內的氣體壓力一定，氣體體積大小與車子移動距離的關係圖

(三) 發現

以壓力為 0.6 kg/cm^2 ，孔徑 9/32in，在溫度 24，體積 1000ml 下，車子移動距離最遠，由這個實驗的結果，讓我們知道，體積愈大，能推動車子的距離愈遠。

實驗三： 研究壓力乘以體積為一定值時，車子移動距離是否相同？

(一) 方法：

1. 經由前兩項實驗發現，壓力或體積為操作變因，壓力愈大或體積愈大，車子移動距離愈遠。因此，我們假設壓力 \times 體積的數值相同時，車子移動的距離應接近相同。
2. 選定壓力 \times 體積 = 600。
3. 分別以 $0.6 \text{ kg/cm}^2 \times 1000\text{ml}$, $1.0 \text{ kg/cm}^2 \times 600\text{ml}$, $1.5\text{kg/cm}^2 \times 400\text{ml}$, 瓶蓋孔徑為 $9/32\text{in}$ 進行實驗，並記錄。

(二) 結果：

表三 壓力 \times 體積 = 600，與車子移動距離的記錄表

壓力 \times 體積 = 600		孔徑：9/32in 24		
壓力 \times 體積		0.6 \times 1000	1.0 \times 600	1.5 \times 400
距離 (cm)	第一次	145.0	195.5	263.5
	第二次	144.5	185.5	258.0
	第三次	146.0	183.5	255.5
平均		145.2	188.2	259.0

單位：公分

(三) 發現：

實驗前的假設認為壓力 \times 體積為定值，車子跑的距離可能相同，但實驗數據告訴我們並不是如此，可能還有其它的影響因素，有待進一步探討。

實驗四： 壓力與體積一定，噴氣孔多大，車子跑得最遠？

(一) 方法：

1. 用800ml的保特瓶，瓶蓋孔徑為1/32in，當充氣達 $0.2\text{kg}/\text{cm}^2$ 時，A閥關閉後，使車子往前跑。
2. 量車子移動的距離並記錄。
3. 改變不同孔徑的瓶蓋 2/32 ~ 11/32in，重複步驟 1、 2。

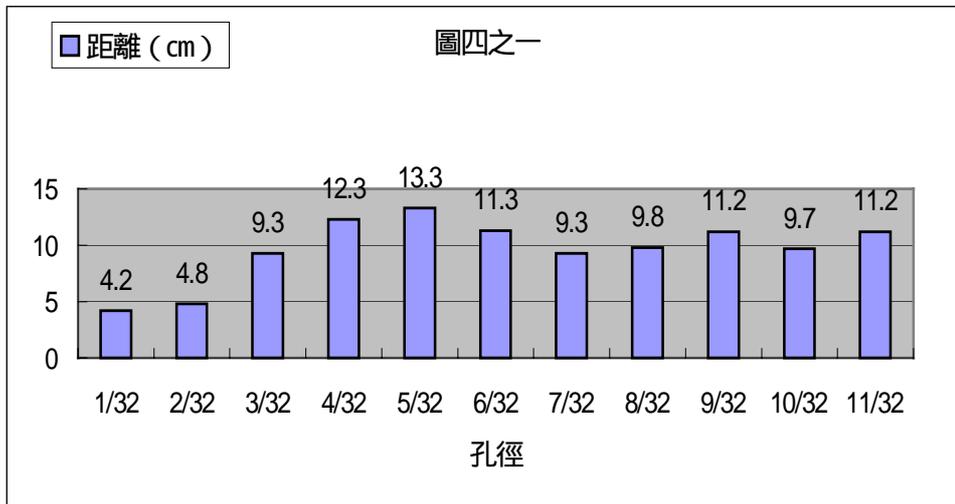
(二) 結果：

在相同壓力為 $0.2\text{kg}/\text{cm}^2$ ，體積為 800ml，溫度 24 下，同一孔徑的實驗進行三次，計算距離的平均值，紀錄如表四之一，並繪成統計圖表，如圖四之一。

表四之一 體積、壓力固定時，噴氣孔徑大小與車子行進距離的關係紀錄表之一

		壓力：0.2 kg/ cm ²				體積：800ml				24		
孔徑 (in)		1/32	2/32	3/32	4/32	5/32	6/32	7/32	8/32	9/32	10/32	11/32
距離 (cm)	第一次	4.0	4.5	8.0	13.0	14.0	11.0	11.0	13.0	11.5	12.0	12.0
	第二次	4.5	4.5	9.0	11.0	13.5	14.0	9.0	9.5	11.0	7.5	11.0
	第三次	4.0	5.5	11.0	13.0	12.5	9.0	8.0	7.0	11.0	9.5	10.5
平均		4.2	4.8	9.3	12.3	13.3	11.3	9.3	9.8	11.2	9.7	11.2

單位：公分



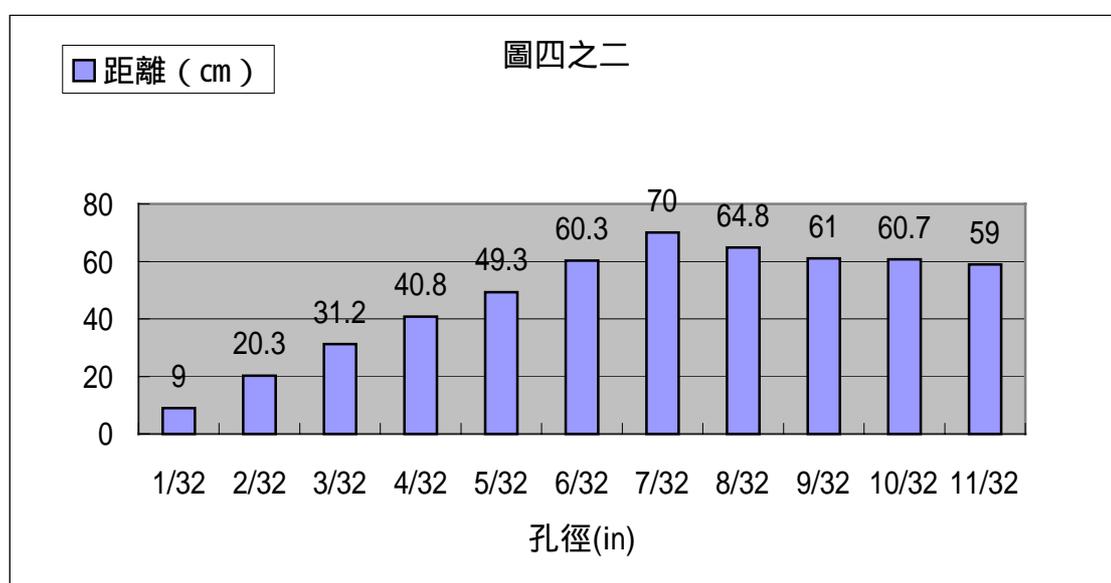
圖四之一 體積、壓力固定時，噴氣孔徑大小與車子行進距離的關係圖之一

把壓力增為 0.4 kg/cm^2 ，體積為 800ml ，溫度 24 下，同一孔徑的實驗進行三次，計算距離的平均值，紀錄如表四之二，並繪成統計圖表，如圖四之二。

表四之二 體積、壓力固定時，噴氣孔徑大小與車子行進距離的關係紀錄表之二

		壓力： 0.4 kg/cm^2					體積： 800ml					24
孔徑 (in)		1/32	2/32	3/32	4/32	5/32	6/32	7/32	8/32	9/32	10/32	11/32
距離 (cm)	第一次	8.5	20.5	27.5	42.5	48.5	65.0	73.0	66.5	57.5	60.0	56.5
	第二次	8.5	20.5	32.0	40.5	50.4	57.0	62.0	67.0	65.0	64.0	62.0
	第三次	10.0	20.0	34.0	39.5	45.5	59.0	75.0	63.0	60.5	58.0	58.5
平均		9.0	20.3	31.2	40.8	49.3	60.3	70.0	64.8	61.0	60.7	59.0

單位：公分



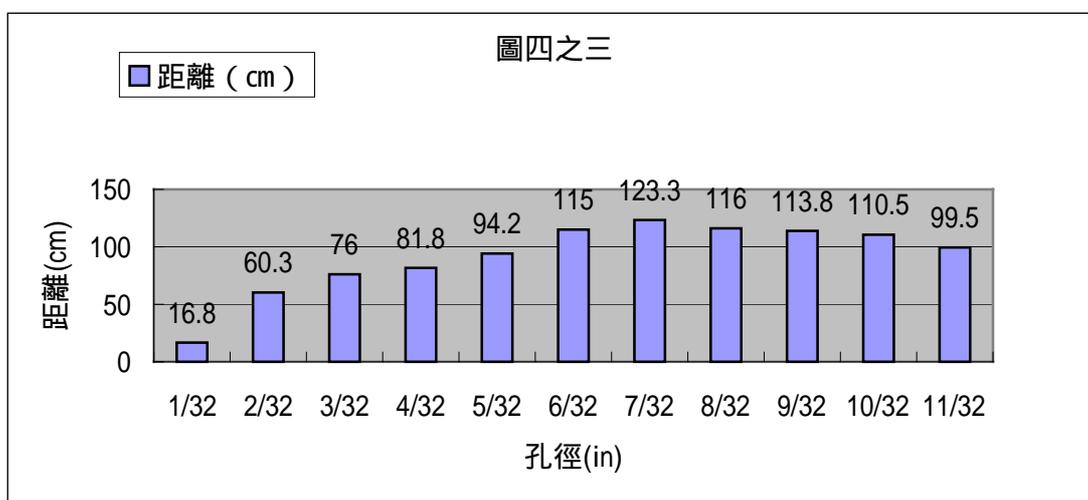
圖四之二 體積、壓力固定時，噴氣孔徑大小與車子行進距離的關係圖之二

把壓力增為 0.6 kg/cm^2 ，體積為 800ml ，溫度 24 下，同一孔徑的實驗進行三次，計算距離的平均值，紀錄如表四之三，並繪成統計圖表，如圖四之三。

表四之三 體積、壓力固定時，噴氣孔徑大小與車子行進距離的關係紀錄表之三

		壓力： 0.6 kg/cm^2					體積： 800ml					24
孔徑 (in)		1/32	2/32	3/32	4/32	5/32	6/32	7/32	8/32	9/32	10/32	11/32
距離 (cm)	第一次	15.0	58.5	75.5	79.5	95.0	108.5	129.0	109.0	116.0	102.5	103.5
	第二次	18.0	56.0	78.5	85.0	96.0	120.0	120.0	121.0	113.0	109.0	99.0
	第三次	17.5	66.5	74.0	81.0	91.5	116.5	121.0	118.0	112.5	120.0	96.0
平均		16.8	60.3	76.0	81.8	94.2	115.0	123.3	116.0	113.8	110.5	99.5

單位：公分



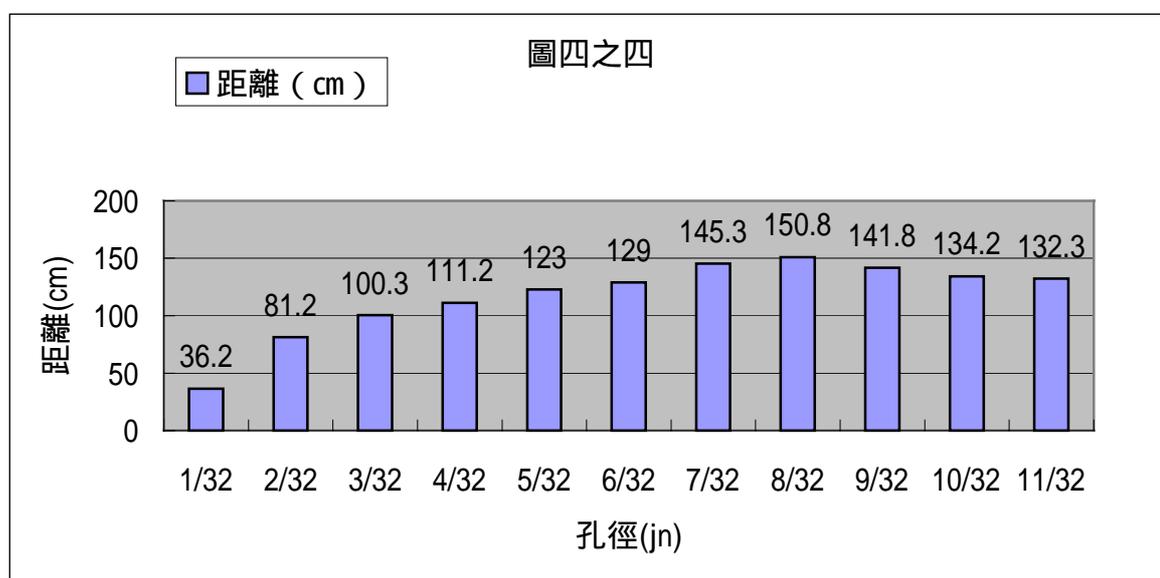
圖四之三 體積、壓力固定時，噴氣孔徑大小與車子行進距離的關係圖之三

把壓力增為 0.8 kg/cm^2 ，體積為 800ml ，溫度 24 下，同一孔徑的實驗進行三次，計算距離的平均值，紀錄如表四之四，繪成統計圖表，如圖四之四。

表四之四 體積、壓力固定時，噴氣孔徑大小與車子行進距離的關係紀錄表之四

		壓力： 0.8 kg/cm^2				體積： 800ml				24		
孔徑 (in)		1/32	2/32	3/32	4/32	5/32	6/32	7/32	8/32	9/32	10/32	11/32
距離 (cm)	第一次	36.0	82.0	97.0	110.0	122.5	135.0	142.5	151.5	136.0	137.5	130.0
	第二次	33.0	81.5	94.5	116.5	126.5	120.0	143.0	153.5	147.5	133.5	135.5
	第三次	39.5	80.0	109.5	107.0	120.0	132.0	150.5	147.5	142.0	131.5	131.5
平均		36.2	81.2	100.3	111.2	123.0	129.0	145.3	150.8	141.8	134.2	132.3

單位：公分



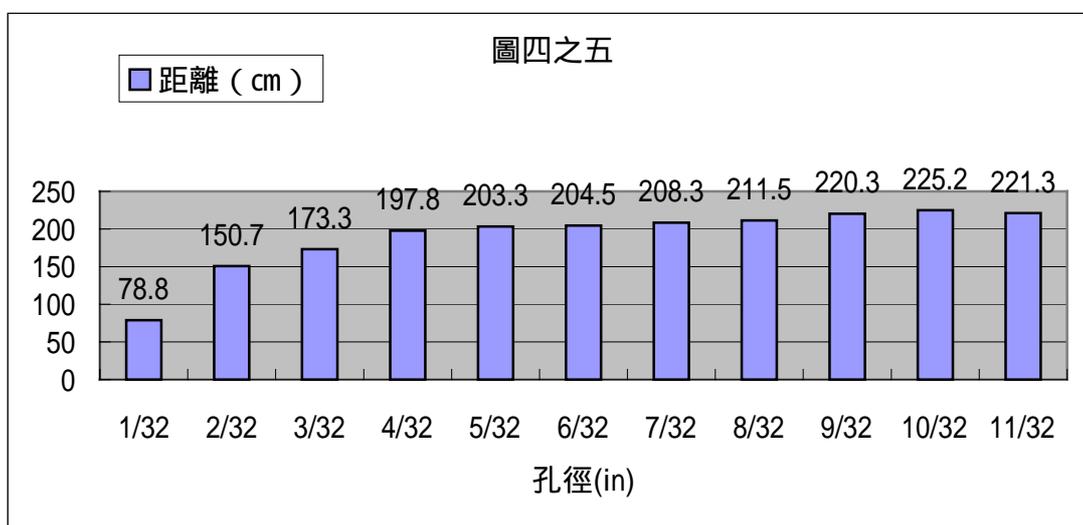
圖四之四 體積、壓力固定時，噴氣孔徑大小與車子行進距離的關係圖之四

把壓力增為 1.0 kg/cm^2 ，體積為 800ml ，溫度 24 下，同一孔徑的實驗進行三次，計算距離的平均值，紀錄如表四之五，繪成統計圖表，如圖四之五。

表四之五 體積、壓力固定時，噴氣孔徑大小與車子行進距離的關係紀錄表之五

		壓力： 1.0 kg/cm^2						體積： 800ml			24	
孔徑 (in)		1/32	2/32	3/32	4/32	5/32	6/32	7/32	8/32	9/32	10/32	11/32
距離 (cm)	第一次	76.0	147.5	162.5	192.0	201.0	205.0	205.5	210.0	223.0	214.5	221.5
	第二次	78.5	159.0	175.5	200.0	206.5	206.0	209.5	212.5	219.5	226.0	214.0
	第三次	82.0	145.5	182.0	201.5	202.5	202.5	210.0	212.0	219.0	235.5	229.0
平均		78.8	150.7	173.3	197.8	203.3	204.5	208.3	211.5	220.3	225.2	221.3

單位：公分



圖四之五 體積、壓力固定時，噴氣孔徑大小與車子行進距離的關係圖之五

(三) 發現

1. 當壓力為 0.2 kg/cm^2 時，孔徑為 $5/32 \text{ in}$ 推動的最遠。
2. 當壓力為 0.4 kg/cm^2 時，孔徑為 $7/32 \text{ in}$ 推動的最遠。
3. 當壓力為 0.6 kg/cm^2 時，孔徑為 $7/32 \text{ in}$ 推動的最遠。
4. 當壓力為 0.8 kg/cm^2 時，孔徑為 $8/32 \text{ in}$ 推動的最遠。
5. 當壓力為 1.0 kg/cm^2 時，孔徑為 $10/32 \text{ in}$ 推動的最遠。
6. 由以上車子移動最遠的數據發現，亦可以初步判斷壓力大小與孔徑大小有正向的相關。

實驗五： 提出壓力大小與噴氣孔大小的關係預測值，並驗證與測量值的差異。

(一) 方法：

- 1.由圖四之二、圖四之三、圖四之四、圖四之五中計算出瓶蓋孔徑中間值分別為 $13/64$ 、 $15/64$ 、 $17/64$ in，再進行實驗，紀錄於表五之一、表五之二、表五之三。
- 2.用 800ml 的寶特瓶，瓶蓋分別為 $13/64$ 、 $15/64$ 、 $17/64$ in，壓力為 $0.4\text{kg}/\text{cm}^2$ ，測量車子移動距離，紀錄車子移動的距離。
- 3.改變壓力 0.6 、 0.8 、 $1.0\text{kg}/\text{cm}^2$ ，重複步驟 2，並計算其誤差。

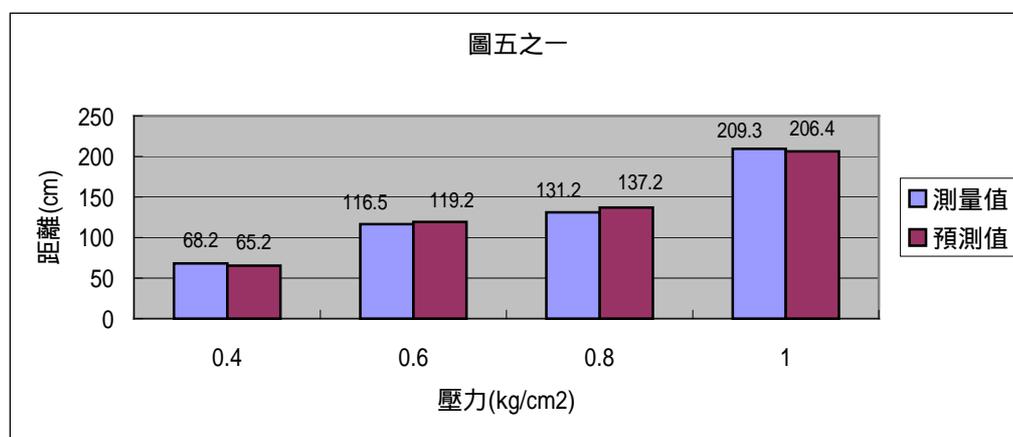
(二) 結果

在孔徑為 $13/64$ in，體積為 800ml，溫度為 24 下，壓力大小與行進距離的預測值與實際測量值之間的差異情形如表五之一，並繪成統計圖表，如圖五之一。

表五之一 壓力大小與行進距離的關係預測值與測量值的驗證差異表之一

	體積：800ml	孔徑：13/64in	24	
壓力 (kg/cm ²)	0.4	0.6	0.8	1.0
距離 (cm)	66.0	117.0	129.0	218.0
	66.5	119.5	137.0	203.0
	72.0	113.0	127.5	207.0
平均	68.2	116.5	131.2	209.3
預測值	65.2*	119.2	137.2	206.4
誤差	+ 3.0	- 2.7	- 6.0	+ 2.9
%	+ 4.6 %	- 2.3 %	- 4.4 %	+ 1.4 %

* 由表四之二中, 6/32 與 7/32 的孔徑下之行進距離, 取 60.3 與 70 之中間值。
 壓力為 0.6 kg/cm² 的條件資料取自表四之三, 壓力為 0.8 kg/cm² 的條件資料取自表四之四, 壓力為 1.0 kg/cm² 的條件資料取自表四之五。



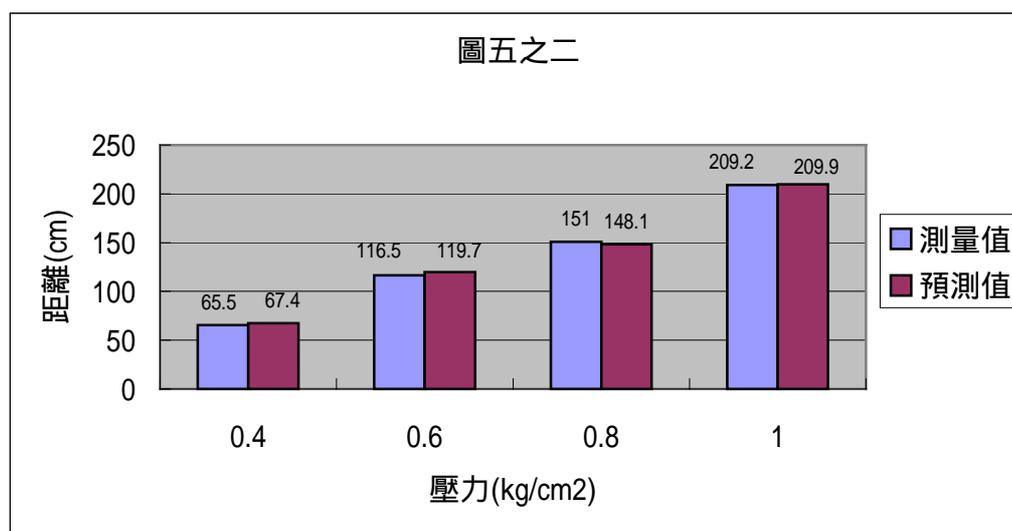
圖五之一 壓力大小與行進距離的關係預測值與測量值的驗證差異圖之一

在孔徑為 15/64in，體積為 800ml，溫度為 24 下，壓力大小與行進距離的預測值與實際測量值之間的差異情形如表五之二，並繪成統計圖表，如圖五之二。

表五之二 壓力大小與行進距離的關係預測值與測量值的驗證差異表之二

	體積：800ml	孔徑：15/64in	24	
壓力 (kg/ cm ²²)	0.4	0.6	0.8	1.0
距 離 (cm)	67.0	119.5	152.5	206.0
	60.0	115.5	148.0	216.5
	69.5	114.5	152.5	205.0
平 均	65.5	116.5	151.0	209.2
預測值	67.4**	119.7	148.1	209.9
誤 差	- 1.9	- 3.2	+ 2.9	- 0.7
%	- 2.8 %	- 2.7 %	+ 2.0 %	- 0.3 %

** 由表四之二中，7/32 與 8/32 的孔徑下之行進距離，取 70.0 與 64.8 之中間值。壓力為 0.6 kg/cm 2 的條件資料取自表四之三，壓力為 0.8 kg/cm 2 的條件資料取自表四之四，壓力為 1.0 kg/cm 2 的條件資料取自表四之五。



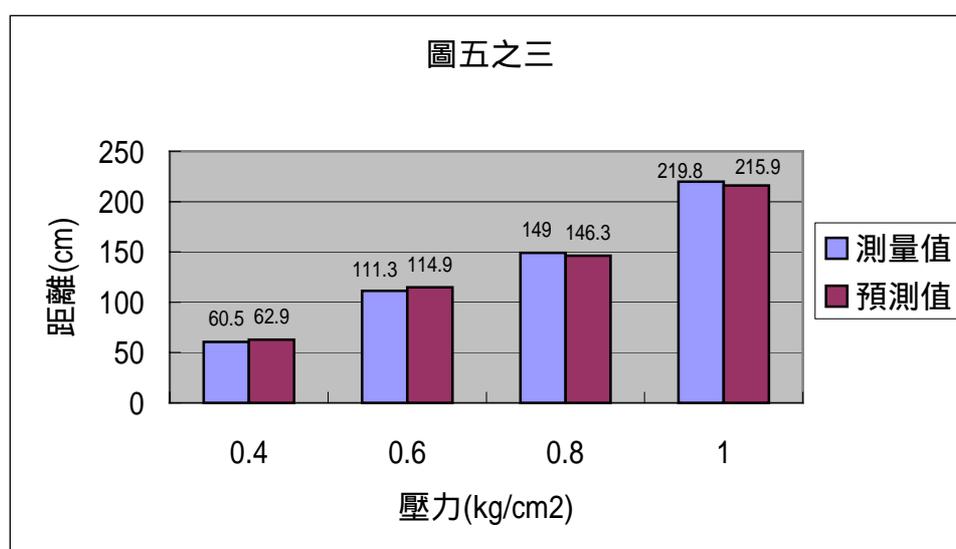
圖五之二 壓力大小與行進距離的關係預測值與測量值的驗證差異圖之二

在孔徑為 17/64in，體積為 800ml，溫度為 24 下，壓力大小與行進距離的預測值與實際測量值之間的差異情形如表五之三，並繪成統計圖表，如圖五之三。

表五之三 壓力大小與行進距離的關係預測值與測量值的驗證差異表

體積：800ml 孔徑：17/64in 24				
壓力 (kg/ cm ²)	0.4	0.6	0.8	1.0
距 離 (cm)	56.5	108.0	147.5	208.5
	64.0	115.5	152.0	229.0
	61.0	110.5	147.5	222.0
平 均	60.5	111.3	149.0	219.8
預測值	62.9***	114.9	146.3	215.9
誤 差	- 2.4	- 3.6	+ 2.7	+ 3.9
%	- 3.8 %	- 3.2 %	+ 1.9 %	+ 1.8 %

*** 由表四之二中，8/32 與 9/32 的孔徑下之行進距離，取 64.8 與 61 之間值。壓力為 0.6 kg/ cm²的條件資料取自表四之三，壓力為 0.8 kg/ cm²的條件資料取自表四之四，壓力為 1.0 kg/ cm²的條件資料取自表四之五。



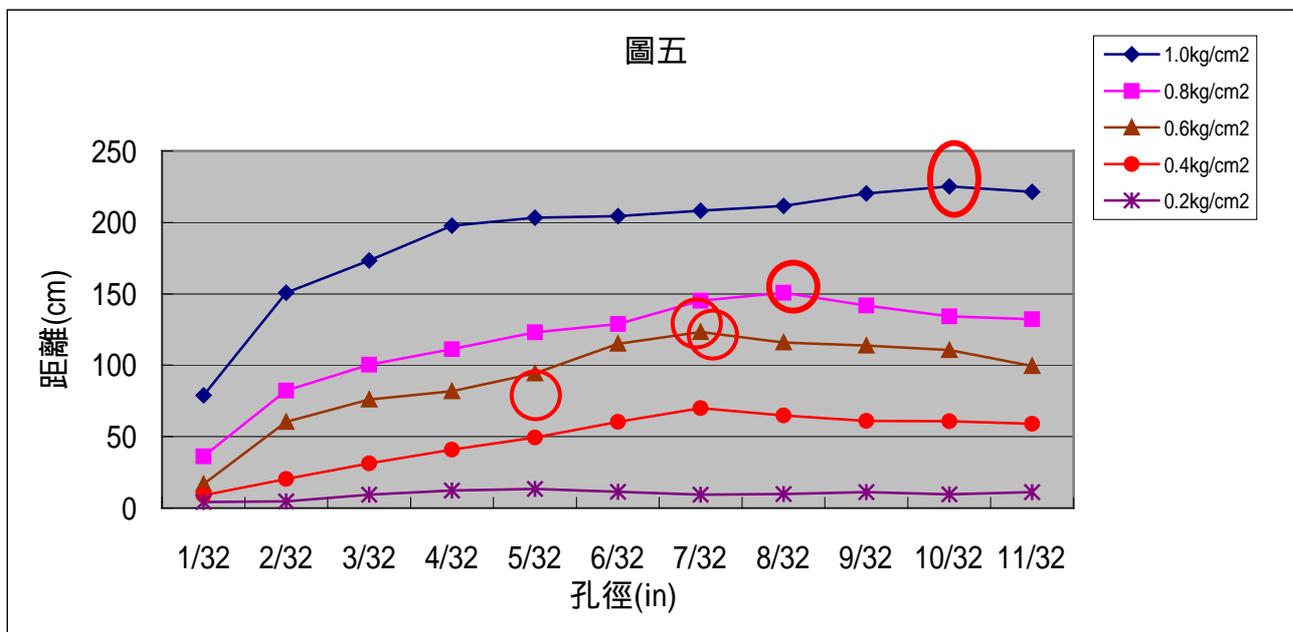
圖五之三 壓力大小與行進距離的關係預測值與測量值的驗證差異圖之三

(三) 發現

1. 由這個實驗的結果，驗證了壓力大小及噴氣孔孔徑大小對行進的距離是可以預測的。
2. 因此可以推論，在已知壓力大小與噴氣孔口徑大小的條件下，是可以控制車子的行進距離。

伍、研究討論與結論

綜合實驗結果，將表四之一 表四之五所有數據繪製同一圖表，如圖五。



並將研究發現說明如下。

- (一) 當體積同為 800ml 時，壓力為 1.0 kg/cm^2 ，能把車子推動的距離較遠。
- (二) 當壓力同為 0.6 kg/cm^2 時，體積為 1000ml，能把車子推動的距離較遠。
- (三) 壓力 \times 體積 = 600 為定值時，車子移動的距離不相同；數據中看出壓力較大時，對車子移動距離影響較大，有待更進一步研究。
- (四) 由實驗結果得知，800ml 的氣體在不同壓力下推動車子，使它跑最遠的孔徑，如圖五 ○ 並將移動的距離同列於下表。

壓力 (kg/ cm ²)	最佳孔徑 (in)	距離 (cm)
0.2	5/32	13.3
0.4	7/32	70.0
0.6	7/32	123.3
0.8	8/32	150.8
1.0	10/32	225.2

- (五) 當壓力為 0.2 kg/ cm² 時，在最佳孔徑 5/32 之後 6/32~11/32，因壓力較小，呈現較不穩定。
- (六) 壓力在 0.4~1.0 kg/ cm²，在最佳孔徑之前，氣體推動車子的距離，隨孔徑變大而增加；在最佳孔徑之後，隨孔徑變大而距離減少。
- (七) 我們可以控制壓力及調整噴氣孔徑，使氣體推動車子移動到預定的位置。

陸、研究心得

- (一) 寶特瓶內的氣體噴出時，因對噴出的氣體有作用力，而噴出氣體對寶特瓶產生反作用力，使車子往前運動。
- (二) 當體積較大或壓力較大時，瓶內空氣量較多（打氣筒打氣時需要壓較多次），對車子產生反作用力較久，使車子跑的較遠。
- (三) 孔徑為 1/32in 時，跑的速度非常慢，當停止後，空氣還一直噴出，但無法推動車子，表示氣體所產生的反作用力太小。
- (四) 老師告訴我們，氣體所要克服的力叫做摩擦力，當反作用力小於摩擦力時，車子是不會動的！
- (五) 老師又告訴我們，寶特瓶愈重，摩擦力愈大，這就是我們把寶特瓶的重量製作相同的原因。
- (六) 老師又說影響摩擦力的因素，除了重量外，還有接觸面 等，所以我們都在相同的摩石子地面上實驗。
- (七) 老師引導我們去探索壓力 \times 體積一定時，到底車子移動距離有什麼結果？會相同嗎？實驗結果車子移動距離並不相同；什麼原因呢？是摩擦力或是 ？等我們長大後多讀一些書就會了解了。
- (八) 在做實驗三時，應該做 $1.5 \text{ kg/cm}^2 \times 400\text{ml}$ ，而拿了 600ml 的寶特瓶，竟然使車子跑了 500cm 左右，哈！哈！值得我們再進一步研究了！
- (九) 當體積固定時，壓力與孔徑大小，可以控制氣動車移動

的距離。

- (十) 噴氣孔孔徑大小，影響作用力及反作用力的大小，但太大或太小將使氣動車移動的距離反而近，甚至無法移動。
- (十一) 在不同壓力、體積下，噴氣孔孔徑大小有最佳值。因此，我們可以找到最節省能源的控制點。
- (十二) 我們可以嘗試將研究結果推論到生活經驗中，例如：兩地之距離在考慮與調整摩擦力的實驗下，可以用多少的氣體體積與壓力、噴口口徑，達到兩地運輸之成效，當然牽涉因素略多，還需進一步的發展。

柒、參考資料

- (一) 康軒出版社，國小自然課本第九冊第六單元物體運動的快慢與方向，第二版。民國 91 年
- (二) 國立編譯館，國中理化課本第一冊 6-50`：摩擦力；6-6；壓力。
- (三) 國立編譯館，國中理化課本第四冊 16-5：牛頓第三運動定律。

評語

這個研究也許題目並不是最新，但能夠用最易取得，同時最簡單的方法定性及定量的研究氣動車，是難得的。學生表現得很有自信，也能回答相關的問題，在整體的呈現上，具有科學研究中的實做精神。