

小兵立大功～流體奧妙知多少

初小組 第一名

縣 市：台北市

校 名：復興國小

作 者：楊宜達、林伯廷、王詠群、李恆毅

指導教師：張慎、鄭及蘭



我們是最喜歡研究探討科學奧妙的一群，我們在學校常在一起打球、參觀、聊天，只要發現問題，我們就一起討論，有困難我們也一一的克服，直到問題解決才肯罷休。

恆毅喜歡提出問題，柏廷善於假設、宜達最會回答問題，詠群最會整理資料，我們四個臭皮匠勝過一個諸葛亮呢！

關鍵詞：泵室、流體、液壓泵

一、研究動機

有一天和爸爸、媽媽一起到忠孝東路的SOGO買東西，經過快完工的捷運站旁看到了一些施工中的重型機械，只看到它們毫不費力的就把重物舉起或推動，我好奇的問爸爸，為什麼它們可以產生這麼大的力量呢？身旁的一位叔叔說：「因為挖土機的手臂是由油壓泵起動產生的力量，就好像我們的手臂肌肉拉緊，手臂就可以活動。」心想，為什麼油壓泵能產生這麼大的力量？此時，我想起前些日子搭乘淡水捷運，在月台上，當列車進站時，我發現背包的帶子先向後飄，當車廂迎面而過的那一瞬間，卻好像是被車體吸過去？這又是什麼力量（現象）呢？為解開這些疑問，於是我邀請平常一起玩模型組合玩具的同學一起展開這次的探索。

二、研究目的

(一)了解流體的物理特性

- 1.流體是否都可壓縮
- 2.流體黏度和壓縮性是否有關

(二)了解流體如何產生動力

- 1.不同缸徑的泵體（不同直徑大小的針筒）連接在動力平衡上有什麼關係
- 2.泵體出口縮小是否會影響活塞運動

- 3.管壁的摩擦力是否會影響活塞運動
- 4.流體黏度對活塞運動是否有影響
- 5.在相同壓力源下，不同缸徑泵體何者有較佳的動力輸出
- 6.比較不同內徑泵體組合的優缺點

(三)了解流速與壓力的關係

- 1.流體流速快慢是否會影響管路壓力
- 2.不同體型的人（高.矮.胖.瘦）站在火車或捷運月台何者較易受到風速影響

(四)了解不同流體在日常生活上的運用情形

三、文獻探討

略（帕斯卡原理、柏努力原理、摩擦力、泵體、黏度、流體）

四、實驗器材

- (一)5ml、50ml、100ml玻璃針筒、壓克力架、壓克力容器、天平、100g砝碼組
- (二)80ml、250ml燒杯、300ml錐形瓶、伯朗咖啡罐
- (三)游標尺、實驗用透明塑膠管、工業用閥、樹脂、AB膠、3秒膠
- (四)模型人、刀片、尺、油性簽字筆、立可白、鋁片、電子式磅秤
- (五)空氣、水、輕機油、重機油、葵花油、洗髮精、沐浴精、沙拉脫
- (六)膠帶、瓦楞紙、大頭針、彈簧、吹風機、氣動科學教具二組、碼錶、照相機

五、實驗過程

實驗一之一

比較流體的物理特性

- 1.材料：水、輕重機油、50ml塑膠針筒、250ml量杯、比重計、300ml錐形瓶、AB膠
- 2.步驟：
 - (1)分別將各種流體（水、輕重油、重機油、洗髮精、沐浴精、葵花油、沙拉脫）倒入300ml錐形瓶內，再將重1g砝碼一起放入錐形瓶內，並觀察砝碼在流體中下沉情形，並記錄下沉所需時間。
 - (2)將50ml塑膠針筒活塞桿推到泵體底部，將空氣完全排除。
 - (3)泵室內分別抽入空氣、水、輕、重機油、洗髮精、沐浴精、葵花油到50ml處。

(4)用左手按住泵體出口，右手用力推活塞桿，觀察活塞桿在泵室內運動情形。

(5)將測試流體依序倒入250ml量杯內，再將比重計放入量杯內，觀察並記錄其刻度。

3.結果：

◎表1-1-1 在不同流體中，砝碼下沉時間分別如下圖

時間・秒 流體總類	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均	黏度排序	比重
水	0.26	0.26	0.17	0.32	0.36	0.27	7	1
輕機油	0.40	0.36	0.40	0.34	0.30	0.35	5	0.85
重機油	0.58	0.53	0.41	0.54	0.44	0.50	4	0.95
洗髮精	8.40	6.92	7.03	7.52	7.10	7.39	3	1.04
沐浴精	11.07	12.28	10.80	10.32	10.40	10.97	2	1.04
葵花油	0.28	0.35	0.33	0.35	0.38	0.33	6	0.92
沙拉脫	11.84	10.92	11.07	11.98	10.69	11.30	1	1.06

◎表1-1-2 不同流體之壓縮性比較

測試的流體	水	輕機油	重機油	洗髮精	沐浴精	沙拉脫
是否可壓縮	×	×	×	×	×	×
備註	○：表示可被壓縮 ×：表示不可被壓縮					

4.發現：

(1)只有裝空氣的泵室內活塞桿可以產生運動，證明空氣具有被壓縮的物理特性，且經壓縮後會彈回，具有彈性。

(2)泵室內裝水、輕機油、重機油、洗髮精、沐浴精、葵花油等液體不論用多少力量用手去推活塞桿，泵室內活塞桿都不會產生運動，流體在黏度大的液體中下沉較慢。

5.討論：

(1)我們從表1-1數據發現比重愈大的液體，黏度愈大。

(2)同學們討論問到，為何有些機械是利用「油」的力量，而有些是利用「空氣」的力量？它們和流體的黏度、比重是否有關？它們又是如何產生動力？

實驗一之二

瞭解空氣受壓縮後活塞桿的運動情形和泵室內的體積變化

1.材料：電子式磅秤、書本、50ml玻璃針筒、壓克力架、硬幣、木質積木、AB膠

2.步驟：

(1)將5cm×cm壓克力板黏在50ml玻璃泵體之活塞桿上。

	活塞桿上負載重量（公斤）																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
第1次	46	45	42	39	32	26	26	24	24	23	23.5	18	17	16	16	14	13	13	12	10
第2次	47	44	43	40	33	27	26.5	25	24.5	23	22	18.5	16.5	16	15	13.5	13	13	12.5	10
第3次	46.5	44.5	43	40	32.5	26	27	24	24	22	23	17	17	16	16	14	13	12	11	9
第4次	45	44	42.5	39	34	27	26	26	24	23	22	17.5	18	17	15	13	13	12.5	12	9.5
第5次	44	44	43.5	39	34	26	26	25	24	24	23	18	16	16.5	16	14.5	14	12	12	9
平均值	45.7	44.3	42.8	39.4	33.1	26.4	26.3	24.8	24.1	23	22.7	17.8	16.9	16.3	15.6	13.8	13.2	12.5	11.9	7.5
註	上列數字為書本放在裝有50ml空氣的玻璃針筒上，受壓後所讀到的刻度（單位：ml）																			

(2)將書本分別秤重(由1.2.3.4.……20公斤)後放置在活塞桿上。

(3)觀察活塞桿隨不同負重在泵體內的運動情形和體積變化。

3.結果：

◎表1-2 在不同負重下泵室內的體積變化

4.討論：

(1)空氣開始可被壓縮，但在壓力持續增加後，空氣和其它流體一樣不可被壓縮，且當壓力除去後，活塞桿會彈回，証明經過壓縮後的空氣具有彈性，可稱為「壓縮空氣」。

(2)由表1-2可知負重在6公斤內壓縮量有明顯變化，7公斤至20公斤變化較小，20公斤以上堆放書籍太高了不易操作。

實驗二

比較不同液體在泵體中所產生的動力

1.材料：5ml、50ml、100ml玻璃針筒、壓克力架、水、輕機油、重機油、砝碼、咖啡罐

2.步驟：

- (1)將5cm×5cm的壓克力板用AB膠黏在5ml、50ml、100ml之活塞桿上。
- (2)將活塞桿、咖啡罐、80ml、250ml燒杯分別放在天平上秤重，並記錄其重量。
- (3)在5ml、50ml、100ml之泵體外貼上5 布尺(單位：)。
- (4)將測試的流體倒入壓克力槽內，活塞桿放入泵室內，空氣從排氣閥排出成密閉空間。。
- (5)在50ml、100ml的活塞桿分別放上1.2.3.4罐咖啡罐，加上砝碼以方便計算。
- (6)在5ml活塞桿上放上砝碼，觀察兩端液面平衡情形。
- (7)當兩端活塞液面用水平平視達到布尺同一刻度時，便達到平衡狀態。
- (8)將小活塞桿上之平衡物（砝碼、燒杯或水）拿到天平上秤重，並記錄其重量。
- (9)觀察摩擦力對活塞動力平衡的影響。

3.結果：

◎表2-1 5ml、50ml之泵體動力平衡比較（測試的流體為水）

	活塞重量	砝碼	咖啡罐	燒杯	水重	合計	比值
大活塞	86	5	295			386	4.7
小活塞	24			55	3.3	82.3	

◎表2-2 5ml、50ml之泵體動力平衡比較（測試流體為水）

	重量合計						面積
	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均	
大活塞	386.0	386.0	386.0	386.0	386.0	386.00	615.5
小活塞	82.3	81.5	94.0	86.0	85.0	85.76	122.7
比值	4.7	4.7	4.1	4.5	4.5	4.50	5.0

◎表2-3 5ml、50ml之泵體動力平衡比較（測試流體為水）

比值	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均值	誤差
1罐	4.6	4.5	4.7	4.4	4.3	4.5	4.44 .08
2罐	4.7	4.6	4.5	4.6	4.2	4.52	
3罐	4.5	4.6	4.3	4.5	4.7	4.52	
4罐	4.4	4.7	4.1	4.5	4.1	4.36	

◎表2-4 5ml、100ml之泵體動力平衡比較（測試流體為水）

比值	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均值	誤差
1罐	7.2	7.0	7.1	7.3	7.1	7.14	7.12 .04
2罐	7.1	7.0	7.2	7.5	7.0	7.16	
3罐	6.9	7.0	7.1	7.3	7.2	7.10	
4罐	6.8	7.0	7.2	7.1	7.3	7.08	

◎表2-5 5ml、50ml之泵體動力平衡比較（測試流體為葵花油）

比值	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均值	誤差
1罐	4.9	4.8	5.0	4.9	4.9	4.9	4.94 .02
2罐	5.0	5.0	4.9	4.8	4.9	4.92	
3罐	5.0	4.8	4.9	5.0	5.0	4.94	
4罐	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0	4.96	

◎表2-6 5ml、100ml之泵體動力平衡比較（測試流體為葵花油）

比值	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均值	誤差
1罐	7.9	8.1	8.0	8.0	8.1	8.02	7.98 .04
2罐	8.0	8.0	8.1	7.9	8.0	8.0	
3罐	8.1	8.0	7.9	8.0	8.1	8.02	
4罐	7.8	7.9	8.0	8.1	8.0	7.96	

◎表2-7 5ml、50ml之泵體動力平衡比較（測試流體為輕機油）略

◎表2-8 5ml、100ml之泵體動力平衡比較（測試流體為輕機油）略

◎表2-9 5ml、50ml之泵體動力平衡比較（測試流體為重機油）略

◎表2-10 5ml、100ml之泵體動力平衡比較（測試流體為重機油）略

◎表2-11 5ml、50ml之泵體動力平衡比較（測試流體為洗髮精）略

◎表2-12 5ml、100ml之泵體動力平衡比較（測試流體為洗髮精）略

4.發現：

(1)從表（2—1—12）中可以發現，當兩端活塞達到平衡時，小活塞桿上的物重比大活塞桿上的物重輕。

(2)由上列各表發現大活塞桿上的物重和小活塞桿上的物重與流體黏度無關，比值都接近面積比。

(3)當小活塞桿為達到平衡下降而舉起大活塞桿時，小活塞桿下降速度較快，大活塞桿上升速度較慢。

(4)在整理實驗數據我們發現，50ml、5ml和100ml、5ml上的活塞桿達到平衡時，50ml和5ml上物重的比值會接近5，而100ml和5ml上物重的比值會接近8。

5.討論：

討論空氣流動時產生的吸引力

- 1.材料：吹風機、瓦楞紙、厚紙板、大頭針、量角器、小彈簧、鋁片等
- 2.步驟：
 - (1)先將厚紙板裁成不同尺寸之人體形狀，尺寸大小3cm□cm、5cm呼cm、4cm□cm、3cm□cm模型人。
 - (2)將鋁片折成長100cm，直徑28cm的圓柱體橫躺，圓柱體側面壓平貼緊桌面。
 - (3)將所折成之圓柱體內部畫上間隔5cm之平行線（軌道），距離吹風口10、20、30、40、50、60cm劃上垂直於軌道的三條平行線，並將其固定在桌面上。
 - (4)將模型人固定在彈簧上（模型人必需直立於風洞模型），並將模型人依序放置在距離洞口10、20、30、40、50、60cm，距離軌道1、2、3cm處一次只放一個模型人。
 - (5)利用剪刀裁一紙片（1cm□cm）後，將紙片平放於手掌再利用吹風機吹紙片，使其在自然飄浮落下後，用尺量其飄行距離。
 - (6)將吹風機固定在圓柱體（風洞）開口處，利用開關控制吹風機產生不同的風速大小，依序分為強、中、弱風。
 - (7)將不同強度的風速，依序吹向站立在距離軌道1、2、3cm不同位置的模型人，模型人會因風速改變產生不同角度變化，並利用量角器量取角度並記錄下來。

3.結果：

◎表3-1 不同風速下，紙片落下的距離

	紙片落下的距離（單位：cm）					
	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均值
強風	76	75	92	101	79	84.6
中風	72	72	85	73	81	76.6
弱風	69	45	58	44	52	53.6

◎表3-2 四組模型人距離軌道1 處

--	--

傾斜角度	傾斜角度（單位：度）			
	3□ (瘦高人)	4□ (矮胖人)	5呎 (胖高人)	3□ (矮瘦人)
強風	50	35	60	30
中風	35	25	35	20
弱風	20	10	15	10
備註	瘦高人與胖高人變化明顯，所以選擇了這兩組模型人做深入討論。			

◎表3-3-1 距離風口10cm，3cm×9cm（瘦高人）做實驗

傾斜 角度	模型人與軌道的距離（單位：cm）																
	1cm						2cm						3cm				
	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5
強風	15	20	20	15	15	17	10	10	10	5	10	9	5	5	5	5	5
中風	10	15	10	10	10	11	5	5	0	5	5	4	0	0	0	0	0
弱風	0	5	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

◎表3-3-2 距離風口20cm，3cm×9cm（瘦高人）做實驗

傾斜 角度	模型人與軌道的距離（單位：cm）																
	1cm						2cm						3cm				
	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5
強風	30	30	25	30	25	28	25	25	20	20	25	23	15	10	15	15	10
中風	20	20	20	15	15	18	15	15	10	10	15	13	10	10	5	5	5
弱風	10	10	5	10	5	9	10	5	5	5	5	6	5	5	0	0	0

◎表3-3-3 距離風口30cm，3cm×9cm（瘦高人）做實驗

傾斜 角度	模型人與軌道的距離（單位：cm）																
	1cm						2cm						3cm				
	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5
強風	40	35	40	40	35	38	30	25	30	25	30	28	15	15	10	15	10
中風	30	25	30	25	30	28	15	10	15	15	10	13	10	10	10	5	5
弱風	10	10	5	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5	0	0	5	0

◎表3-3-4 距離風口40cm，5cm呎cm（瘦高人）做實驗

傾斜 角度	模型人與軌道的距離（單位：cm）																
	1cm						2cm						3cm				
	1	2	3	4	5	平	1	2	3	4	5	平	1	2	3	4	5

						均						均						均
強風	45	40	45	40	40	42	35	35	30	30	35	33	25	30	20	25	25	25
中風	35	30	35	35	30	33	30	30	25	25	25	27	20	15	15	15	15	21
弱風	15	15	15	10	10	13	10	10	10	5	10	9	5	5	5	5	5	2

◎表3-3-5 距離風口50cm，5cm呼cm（瘦高人）做實驗

傾斜 角度	模型人與軌道的距離（單位：cm）																	
	1cm						2cm						3cm					
	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5	平均
強風	60	50	55	60	55	56	50	45	40	45	40	44	40	35	35	35	40	37
中風	50	50	45	50	45	48	40	35	30	30	30	33	25	25	20	20	15	21
弱風	30	30	25	30	25	28	20	25	20	20	20	20	15	10	15	10	10	12

◎表3-3-6 距離風口60cm，5cm呼cm（瘦高人）做實驗

傾斜 角度	模型人與軌道的距離（單位：cm）																	
	1cm						2cm						3cm					
	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5	平均
強風	60	55	55	60	50	56	50	40	35	40	35	40	40	35	30	30	35	34
中風	35	30	25	30	30	30	20	25	20	25	25	23	20	20	15	15	20	18
弱風	15	15	10	10	10	12	15	10	10	10	10	11	10	10	5	10	10	9

◎表3-3-7至表3-3-12距離風口10cm至60cm，高胖人做實驗：略

4.發現：

- (1)我們從風洞實驗表格數據中發現，模型人會隨風速改變而改變原來的角度。
- (2)當模型人表面積增大時，受風力而傾斜的角度較小。

5.討論：

- (1)由風洞實驗各組數據得知：

- a.站在出風口相同距離時，離軌道愈近，被吸引的角度愈大。
- b.站在軌道旁相同距離時，離出風口愈遠，模型人被吸引的傾斜角度愈小。
- c.在距離風口10cm處，發現只能吹到模型人腳部，傾斜角度不明顯，僅有輕微晃動，不易觀察。距離風口60cm處，強風吹模型人，傾斜角度有明顯變化。
- d.由表3-3-1到3-3-6得知，距離風口50cm處，不論用強、中、弱風吹模型人，傾斜角度較明顯，表3-3-7到3-3-12比較，高胖人受風搖晃角度都比瘦高人。
- e.在日常生活，我們從洗毛筆的筆毛會被水流吸引；飛機起飛時，機翼翼面的形狀造成上升的力量，所以設

計下一實驗。

(2)所以在捷運站等車時，是不是也有這樣的相關性，安全線的劃定，原來有它的道理，從實驗數據中可以發現：瘦高的人最好不要太靠近風口。

實驗四

瞭解流體在日常生活上的應用

1.材料：氣動科學教具、機械停車場的油壓系統、生活中的液壓機械、機翼模型

2.步驟：

(1)先將兩種不同的教具組合好，比較二者之間設計的差異點。

(2)到生活中觀察利用氣油壓原理所設計出的機械（牙醫診所、公車、機械停車場、施工中的機械）運作情形，並將觀察的心得與同學討論後記錄下來。

(3)取機翼模型放在吹風機口，觀察並記錄模型在強、中、弱風下，上升的情形。

3.結果：

(1)◎表（4－1）兩種氣動教具的比較：略

(2)機翼模型在強、中、弱風中上升的情形

	上升高度（cm）					平均
	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	
強風	7	6.5	7.6	6.7	6	6.7
中風	5	4	4.5	4	5	4.5
弱風	3	2	3.5	3	2	2.7

4.討論：

(1)靜止中的流體並不具備能量，如需利用「水力發電」，則水先具備「位能」給予渦輪機能量，就如氣壓機械需要有「壓縮機」、油壓機械需要有「液壓泵」等裝置來壓縮流體產能量。

(2)我們在牙科診所中，問知牙鑽的高轉速，是由壓縮機將空氣加壓，使空氣推動渦輪葉片，達每分鐘2000-3000轉。

(3)我們也去「木柵焚化爐」參觀，垃圾車進出時，稱重的地磅也是液壓的運用。

(4)巷口的垃圾車，將垃圾收集，擠壓進入車廂內，也是利用一組液壓系統。

(5)經觀察探討知道挖土機、堆高機、壓床、安全門自動開關等也是液壓原理應用。

六、總結論

(一)由實驗一知道，流體不易被壓縮，黏度大的液體如機油比重比水小，洗髮精、沐浴精卻比水的比重大。

(二)實驗一知道，在50ml的泵體上，負重6公斤以下，泵室內的空氣可明顯的看到被壓縮；7公斤-20公斤則變化較不明顯。

(三)實驗一知道，在手推的情況下，泵室內改裝液體，均不可被壓縮。

(四)我們由表1-1知道，黏度以沙拉脫最大。

(五)由實驗二知道，早期針筒以塑膠管相連做出動力平衡的比值發現，水的效果不錯，但容易從活塞上方溢出液體，黏性高的液體由於黏滯力大，都不易使活塞移動，連接的塑膠管又容易滑脫，失敗率很高。

(六)實驗二知道，改良成連通的壓克力槽，早期沒有排氣閥，槽內常有空氣存在，造成難將液體充滿，最後向開工廠的黃叔叔請教，加上排氣閥就可以順利的將空氣排出槽外，實驗數據也很接近面積比

(七)由實驗二知道，由黃叔叔建議改用輕機油，它的優點是比重、黏度小，效果更接近面積比，這時數據已經和葵花油接近。

(八)由實驗二知道，當我們把針管底部切斷，泵體的出口放大效果更好，流體在流動時較不易受摩擦力的影響，達到平衡的時間較短。

(九)由實驗二知道，泵體內徑比值愈大，則愈省力，大小活塞面積的比值接近在活塞上面施力達到平衡的比值。

(十)由實驗三知道，空氣快速流動時，壓力變小，物體會被吸引。

(十一)由實驗三知道，瘦高的模型人在實驗中，證實最易受吸引向前傾斜。

(十二)由實驗四知道，流體的力量被廣泛應用，例如：牙鑽、推土機、怪手……等等。利用流體所產升的壓力差，也在生活中常可看見，例如：飛機、魔球投手的變化球、汽車的擾流板……。

七、心得感想

自古以來，人類就不斷使用天然資源，利用空氣遇熱膨脹而改變原有密度設計出「熱氣球」，完成人類想飛的夢想，利用水的浮力，則造就了許多偉大的航海家。

我們所研究的主題「小兵」，就是利用這些資源所設計出來的東西，台北市公車的『公車門』、牙醫師用的『牙鑽』是利用空氣的動力，利用水的則有『水壓機』，而常見的油壓機械有怪手、推土機、起重機……等。沒想到「流體」竟有如此多的功能，這讓我們對於應用科學產生了更大的興趣，看我們這張一起投入研究的照片，誰敢說我們的未來不是一群小小發明家呢？

由衷的感謝學校各處室、老師們、同學們及父母親的全力協助與鼓勵，讓我們在遊戲中學習，快樂中成長，使本作品得以順利參展。我們會以虛心的態度，繼續由生活中去發現更多有趣的事物，並以求真、求實、求變的精神去做更多的探討。

八、參考資料

1、國小自然課本—國立編譯館—第五冊、第七冊

2、機械大百科—貓頭鷹出版社—p.128～29,134,136～37

3、趣味科學實驗室—錦繡文化企業出版—19冊p.189，12冊p.189

4、自然科大百科—中視文化—第15冊，p.479

評語

以各種不同之實驗設計，驗證流體之壓縮性，說明流體黏度的壓縮性關係，了解流速與壓力等問題。整個實驗設計簡潔、易做、易觀察。作者對主題有充分瞭解，能控制各種變因，使實驗結果做合理解釋。

回到目錄頁../Index.htm