

沒有水銀嘛會通

國中組物理科第二名

台南縣立歸仁國民中學

作者：蔡家瑋、籃士勛、李仁和

指導教師：彭健華

一、研究動機

在理化第一冊中曾經探討大氣壓力，我們開始對這環繞在地球外圍的大氣感到好奇，而在托里切利的實驗中76cm水銀柱，相當於10m水柱高，對我們而言極為抽象，加上汞蒸氣有毒，所以我們從未做過此實驗，所以想利用這次科學展覽的機會，看看是否能避開汞蒸氣的毒性，又能安全操作之實驗方法來測量大氣壓力的大小。

二、研究目的

研究一個器材簡單而且操作安全的實驗，來測量大氣壓力的大小。

三、研究設備器材

抽氣裝置、錐形瓶、活塞（含掛鉤）、彈簧秤、壓克力水槽（附定滑輪）鐵架、量筒、直尺、奇異筆、夾子、燒杯、滴管。

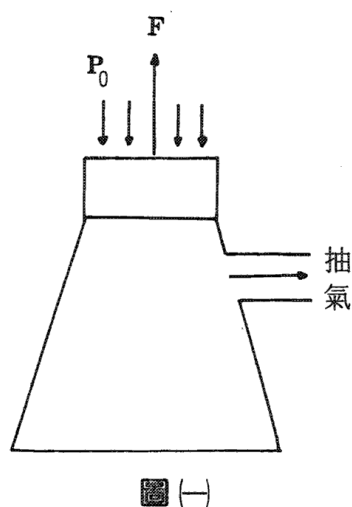
四、研究過程

實驗設計①

- 1.說明：如圖(-)所示，將錐形瓶內氣體抽走，活塞會因大氣壓力 P 的壓擠而緊貼瓶口，若拉開活塞所需垂直總力為 F ，則可得 $P_0 = F/A$

A ：錐形瓶瓶口之面積

- 2.步驟：
 - a. 如圖(-)所示將抽氣裝置與錐形瓶接好並且進行抽氣。
 - b. 以彈簧秤施力於活塞上，直到活塞被拉起讀取 F 值。
 - c. 計算錐形瓶瓶口面積 A



d. 計算大氣壓力 P_o

e. 改換另一種規格錐形瓶重覆a-d

3. 結果

F (gw)	4200	4200	4300	3900	4800	4500	3300	Po平均值 711 gw/cm ²
A (cm ²)	6	6	6	6	6	6	6	
Po=F/A	700	700	720	650	800	760	650	

F (gw)	3450	3480	3270	3180	3570	3510	Po平均值 708 gw/cm ²
A (cm ²)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	
Po=F/A	704	710	667	778	729	716	

實驗設計②

1. 說明：由於實驗設計①之結果誤差太大，於是裝置改為如圖(二)所示，當活塞被拉開時，水就流進錐形瓶中，如圖(三)所示。

(1) 根據理化2-6所學如圖(四)所示，則 $F/A = P_o - P$ 所以 $P_o = (F/A) + P \dots 1$

(2) 如圖(三)所示，假設瓶內壓力為 P ，則 $P_o = P_1 + h \times 1$ 所以 $P_1 = P_o - h \dots 2$

(3) 利用密閉容器內壓力與體積成反比，假設錐形瓶瓶內體積為 V ，水面上升後之空氣體積為 V_1 ，則 $P/P_1 = V_1/V$ 所以 $P = P_1 \times V_1/V \dots 3$

(4) 由1式 $P_o = (F/A) + P = (F/A) + P_1 \times V_1/V$ (將3式代入)

$$= (F/A) + (P_o - h) \times V_1/V \text{ (將2式代入)}$$

移項整理後，即可得到大氣壓力測量修正式

$$P_o = [(F/A) \times V - h \times V_1] / (V - V_1)$$

F：拉開活塞之垂直總力

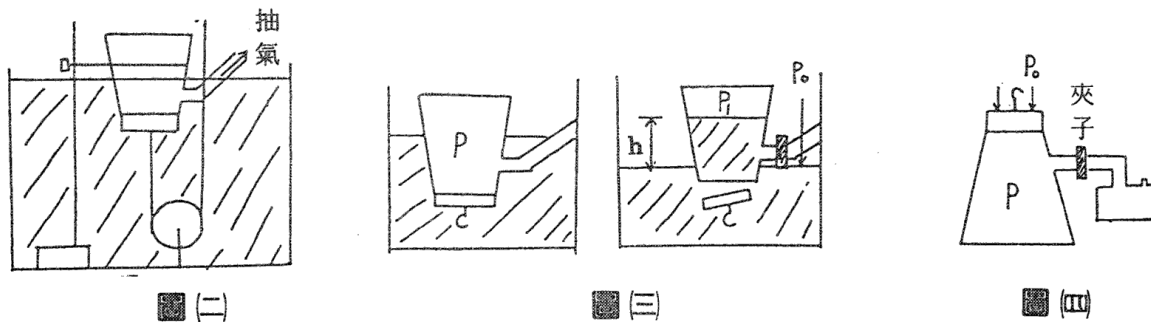
A：錐形瓶瓶口的面積

h：活塞拉開後瓶內水面高度差

V：錐形瓶容積

V₁：活塞拉開後瓶內剩餘空氣的體積

P_o：大氣壓力測量值



2. 步驟：

- 將錐形瓶內氣體抽出，以夾子夾住導管後，再置入水槽中如圖(二)所示
- 調整鐵環高度，使得錐形瓶瓶口沒入水中少許。
- 調整鐵架位置，使得活塞掛鉤上的拉線垂直於活塞面
- 以彈簧秤緩慢地拉引活塞，測量所需拉力 F
- 活塞拉開後，水迅速進入瓶內，用直尺測量瓶內外水面差 h
- 在瓶內水面處做一記號，取出錐形瓶以排水集氣法測量 V_1 值
- 測量錐形瓶瓶口面積 A 及容積 V
- 計算 P_0 值
- 改換另一種規格錐形瓶，重覆a-h

3. 結果

F (gw)	3800	3500	3800	3900	4200	4200
A (cm ²)	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
V (cm ³)	335	335	335	335	335	335
h (cm)	8.2	7.0	9.0	9.0	10.5	11.0
V ₁ (cm ²)	121.5	140	115	112	85	95
P ₀	954	965	929	940	904	941

F (gw)	3200	3300	3100	3000	2900	3000
A (cm ²)	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7
V (cm ³)	1288	1288	1288	1288	1288	1288
h (cm)	10.6	10.6	10.0	10.5	10.0	10.0
V ₁ (cm ²)	888	888	920	910	920	920
P ₀	939	969	989	930	923	956

五、研究結果討論

- (一)實驗設計①所得之結果，大氣壓力值 P_0 約為 $710\text{gw}/\text{cm}^2$ 有相當大的誤差。其主要原因是抽完氣之錐形瓶內並非真空，即表示有剩餘空氣在裡面。
- (二)在實驗設計①中，選用抽氣效果較好之抽氣裝置，誤差方能降低。但是在實驗設計②中，就沒有這個煩惱了，我們只要製作一個低壓之密閉容器，透過大氣壓力修正式，就能求出大氣壓力值與抽氣裝置之良窳無關。
- (三)影響實驗設計②中 F 值的因素有很多，其中彈簧秤在使用前應歸零，且用標準砝碼確定之，必可提高測量值之準確性。活塞之重量約 40gw ，活塞在水中浮力約 30gw ，可知活塞在水中重量為 10gw 遠小於拉力 F 值，故可忽略不計。至於滑輪摩擦力之影響則因為 F 值指的是滑輪尚未轉動，活塞恰被拉下時的拉力，由於是我們緩慢且均勻地加大拉力，所以滑輪摩擦力亦可忽略不計。
- (四)大氣壓力值 P_0 之探討：標準一大氣壓為 76cmHg 柱相當 $1033.6\text{gw}/\text{cm}^2$ ，但是我們所處的實驗環境並非在緯度 45 度，所以借來氣壓計測量得到大約在 76 至 76.5cmHg 柱，接近標準一大氣壓值，我們以 $1034\text{gw}/\text{cm}^2$ 為標準，計算出實驗設計①誤差達 31% ，實驗設計②中誤差僅 8.6% ，可知實驗設計②較理想。

六、結 論

大氣壓力是個不易測量的物理量，雖然托里切利的實驗說來容易但礙於汞蒸氣之毒性，只能想像而不能如意的測量，藉由此次科展的機會，在我們努力參與下，我們提出二個設計，不但能感受到大氣壓力的存在，亦可輕易安全地操作，所以沒有水銀嘛會通。

評 語

本作品是先把三角瓶中之氣體抽去一部分，塞住瓶口後倒插於水中。再於拔出瓶塞時測量施力大小，與水面升入瓶中之高度，再算出大氣壓力。提出測量大氣壓之簡易新方法，且其測量數值也精確可靠，並且可讓操作人感覺壓力之存在，又因為免用水銀，可以避免危險減少污染。為一良好實驗，可作教具。