

# 中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

## 國中-物理科

科 別：物 理 科

組 別：國 中 組

作品名稱：利用水柱測量大氣壓力的另一種方法

關 鍵 詞：壓力的測量、托里切利實驗、波以耳定律

編 號：030117

---

**學校名稱：**

屏東縣立萬丹國民中學

**作者姓名：**

李冠旻、劉俊豪、李昶毅、李榮富

**指導老師：**

施禕國



# 利用水柱測量大氣壓力的另一種方法

## 壹、摘要

以往利用水柱測量大氣壓力約需 10 公尺左右的高度，我們適當利用密閉容器內的壓力，將水柱高度降至 1 公尺左右，所用的器材體積不大，價格便宜；而所要的水量只要 50 毫升以下。

## 貳、研究動機

由托里切力實驗（理化課本 6-6）所得的結論，我們若改用水柱測量約需 10 公尺左右的水柱高，但在密閉容器內氣體的壓力單元得知：定量氣體，體積愈小壓力愈大（理化選修 4-3-3）。因此使我們參考前人的作品，結合這兩者的關係，來改良設計另一種測量氣壓的工具。

## 參、研究目的

能設計、組裝一組改良的器材，利用一端封閉的管內空氣及一端開口的水柱長度，來測量大氣壓力。

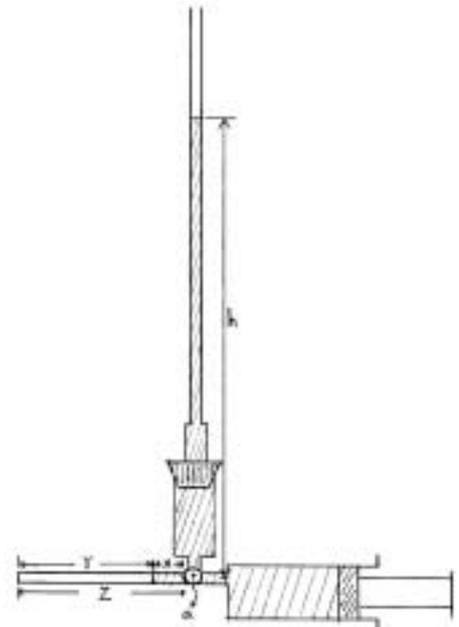
## 肆、研究設備及器材

橡皮塞、60ml 注射筒、25ml 注射筒、點滴注射用的軟管、醫療用三通控制閥、捲尺、鐵架

## 伍、研究過程

### 一、理論推導

- (一) 如圖一，當密閉管內沒有水時，  
管柱內氣體壓力  $P_i = P_a = P$   
管內氣體體積  $V_i = Z \times A$   
當管內進水至 X 時，  
管柱內氣體壓力  $P_f = P_a = P + h \times d$   
管內氣體體積  $V_f = Y \times A$   
P：大氣壓力  $P_a$ ：a 點的壓力



圖一

- (二) 由波以耳定律知道，理想氣體在定溫下  $PV = K$ ，則：

$$P_i \times V_i = P_f \times V_f$$
$$P \times (Z \times A) = (P + h \times d) \times (Y \times A) \quad A \text{ 消去}$$
$$PZ = (P + h \times d) \times Y \quad Z = X + Y \text{ 代入}$$
$$(X + Y) / Y = (P + h \times d) / P$$
$$1 + X / Y = 1 + h \times d / P$$

$$X / Y = hd / P \quad \text{若 } X / Y = 1 / 10 \text{ 則}$$

$$1 / 10 = hd / P$$

$$P = 10 \times hd$$

P : 大氣壓力      A : 密閉端截面積      d : 液體密度      h : 液柱高度

X : 密閉端水柱長度      Y : 密閉端空氣柱長度      Z : 密閉端原長度

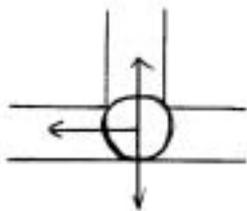
## 二、推導結果

只要測得液體高度及密度，即可知道當時大氣壓力的數值是多少。(  $P = 10 \times hd$  )

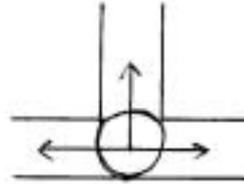
例：我們所測得的水柱高度若為 103cm 時，則大氣壓力為  $1030 \text{ gw/cm}^3$ 。(以水的密度為  $1.00 \text{ gw/cm}^3$  計算)

## 三、實驗操作

(一) 測量實驗室的水銀氣壓計值，換算後當作氣壓標準值。



圖二



圖三

(二) 將三通控制閥控制如上圖二，取  $Z = 22\text{cm}$ 。

(三) 將三通控制閥控制如上圖三，並由右側針筒注入水，取  $Z = 22\text{cm}$  ( $X = 2 \text{ cm}$ 、 $Y = 20 \text{ cm}$ )，紀錄  $h$  值求大氣壓力。

(四) 取  $Z = 11\text{cm}$  ( $X = 1 \text{ cm}$ 、 $Y = 10 \text{ cm}$ )，重覆前一步驟。

## 陸、研究結果

以兩組的  $X$ 、 $Y$  值測量，結果分列如下表一及表二：

| 標準值 = $75.1\text{cm-Hg} = 1021.36\text{gw/cm}^3$ |          |          |          |                           |          |
|--|----------|----------|----------|---------------------------|----------|
| 次別   | X 值 (cm) | Y 值 (cm) | h 值 (cm) | 測量氣壓 ( $\text{gw/cm}^3$ ) | 相對誤差 (%) |
| 1  | 2        | 20       | 99.3     | 993                       | 2.78     |
| 2  | 2        | 20       | 96.4     | 964                       | 5.62     |
| 3  | 2        | 20       | 92.3     | 923                       | 9.63     |
| 4  | 2        | 20       | 98.5     | 985                       | 3.56     |
| 5  | 2        | 20       | 99.0     | 990                       | 3.07     |
| 6  | 2        | 20       | 93.8     | 938                       | 8.16     |
| 7  | 2        | 20       | 95.8     | 958                       | 6.20     |
| 8  | 2        | 20       | 99.9     | 999                       | 2.19     |
| 9  | 2        | 20       | 94.5     | 945                       | 7.48     |
| 10   | 2        | 20       | 102.4    | 1024                      | 0.16     |

表一

| 標準值 = 75.1cm-Hg = 1021.36gw/cm <sup>3</sup> |            |            |            |                             |            |
|---|------------|------------|------------|-----------------------------|------------|
| 次別  | X 值 ( cm ) | Y 值 ( cm ) | h 值 ( cm ) | 測量氣壓 ( gw/cm <sup>3</sup> ) | 相對誤差 ( % ) |
| 1   | 1          | 10         | 103.9      | 1039                        | 1.73       |
| 2   | 1          | 10         | 117.5      | 1075                        | 5.25       |
| 3   | 1          | 10         | 118.5      | 1085                        | 6.23       |
| 4   | 1          | 10         | 104.4      | 1044                        | 2.22       |
| 5   | 1          | 10         | 103.5      | 1035                        | 1.34       |
| 6   | 1          | 10         | 97.3       | 973                         | 4.73       |
| 7   | 1          | 10         | 94.5       | 945                         | 7.48       |
| 8   | 1          | 10         | 99.7       | 997                         | 2.39       |
| 9   | 1          | 10         | 103.6      | 1036                        | 1.43       |
| 10  | 1          | 10         | 107.6      | 1076                        | 5.35       |

表二

### 柒、討論

- 一、我們所得的數據雖然和標準值有一定的誤差，但大致符合之前的推論：可以使用 1 公尺左右的水柱來測量常壓下的氣壓。
- 二、在步驟（二）的時候，要確保不要被水滴阻塞。
- 三、在步驟（三）的注水時應緩慢，避免水滴衝入並停留在密閉端，影響到測量的準確性。
- 四、密閉端若能改為剛性材質，應較能避免因壓力變大而使軟管變形的干擾因素。
- 五、在實驗過程中，當傾斜長導管時，也不會影響水柱的垂直高度。

### 捌、結論

- 一、本實驗利用了測量氣壓的另一種想法：利用一端封閉空氣來測量大氣壓力的大小。
- 二、不必使用水銀，使用水柱也能在使器材的長度降至 1 公尺左右。
- 三、可使用於其他不同密度的液體，並可以立即做比較。
- 四、可觀察傾斜的液柱，並不影響大氣壓力所支撐的液柱高。
- 五、我們從實驗中感覺到自行設計、自行組裝器材的樂趣。
- 六、我們組合的器材體積小，成本很便宜，而且器材分解後均可供其他實驗使用，可利用性佳。
- 七、每次所使用的水（或液體）量很少，並可重覆操作，可以達成實驗減量、減廢、回收再利用的目的。

### 玖、參考資料

- 一、國中理化第一冊，國立編譯館，161~166 頁，90 年
- 二、國中選修理化第一冊，國立編譯館，97~103 頁，90 年
- 三、高雄師範大學化學系方金祥教授，微型化學實驗之設計與製作  
<http://science.wfsh.tp.edu.tw/phychem/report/880506/880506.htm>
- 四、潘家展，陳金村，曹慈翰，第三十三屆全國科學展得獎作品「利用密閉容器氣壓及其周邊水壓力測出大氣壓力」，82 年