

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作者說明書

高中組物理科

040114

臺南縣私立興國高級中學

指導老師姓名

汪登隴

作者姓名

許翰棕

柯韋廷

洪國淵

蔡明修

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理

作品名稱：大的變大，小的變小？

關鍵詞：壓力、張力、半徑

作 者：許翰棕、柯韋廷、洪國淵、蔡明修

指導教師：汪登隴

一.研究動機

有一次,老師在課堂上演示一個有趣的科學實驗。內容是:一個大汽球連接一個小汽球,中間以一個閥當開關。老師要我們猜「氣閥打開後,汽球大小的變化如何」幾乎所有的同學都一致認為大的變小,小的變大,最後將會一樣大。結果呢?老師開關一打開,大家都楞了一下,結果竟然是「大的變大,小的變小」。這表示小汽球壓力大,大汽球壓力小,氣體由小汽球流向大汽球。但矛盾來了,小汽球變得更小,豈不是壓力變得更大,而大汽球變得更大,壓力將會更小,那壓力又如何會達致平衡呢?因此,我們決定好好的研究這個問題,以解決矛盾。

二.研究目的

- 1.瞭解汽球壓力與半徑的關係,充氣與放氣過程中的差異性,探討何以大的變大,小的變小。
- 2.大小氣球平衡過程中,是否可以達成大的變小,小的變大。
- 3.氣球膨脹時間的長短對壓力的影響。

三.研究設備及器材

汽球、壓力計、氣閥、外徑量尺。

四.研究過程及方法

整個研究過程可分為(1)壓力計的建立 (2)外徑量尺的設計 (3)汽球壓力的量測 (4)大小汽球的平衡 (5)氣球膨脹時間的長短對壓力的影響等階段,分別陳述如下:

(一)壓力計的建立

我們的壓力計是兩個開關壓力計加上三個控制氣閥所組成(如圖二),汽球可接在 A 或 B 上。原本我們想請儀器公司幫忙製作(以玻璃管製成),但考慮到經費及後續維修(如玻璃管破了)等問題,決定到五金行購買鋼管、控制閥、水管(這是一般接水管在用的),以最少的經費自力建構而成。至於漏氣的問題,在 A、B、C、D 接頭上,採用波浪管口,以漲大的汽球接在 A 或 B 上,控制氣閥,看看開關壓力計的水柱是否會隨時間而變,一切妥當,才開始實驗。



(圖一)



(圖二)

(二)外接量尺的設計

用一般的尺量汽球的大小不容易準確,因此我們設計了一個可以夾住汽球的尺(如圖一),以提高準確性。

(三)汽球壓力的量測

- (1)量取單一汽球壓力與大小的關係並推論汽球張力與大小的關係。
- (2)承(1),將汽球消氣,並量取汽球壓力與大小的關係。因為橡皮這種材料在伸張縮回的過程中,會有能量遲滯的現象(註一),因此,我們必須測量消氣過程,以瞭解汽球變小後壓力的變化。

(註一:即橡皮伸長後,再回到相同的伸長量,彈力變小)

(四)大小汽球的平衡

在清楚單一汽球壓力與大小的關係後,我們操作大小汽球的平衡,選擇適當的半徑大小,除了「大的變大、小的變小」,也可以得到「大的變小、小的變大」的結果。

(五)氣球膨脹時間的長短對壓力的影響

氣球膨脹時間的長短會對氣球壓力造成影響。先將氣球充氣飽滿,放置長短不同的時間,再測量壓力的變化。

五.研究結果

(1)壓力差與半徑及張力與半徑的關係

高寬長單位為 cm , 壓力單位 cmH₂O , 張力單位 cm*cmH₂O

平均半徑 = (高+寬+長/3) , 張力 $T = \frac{PR}{2}$

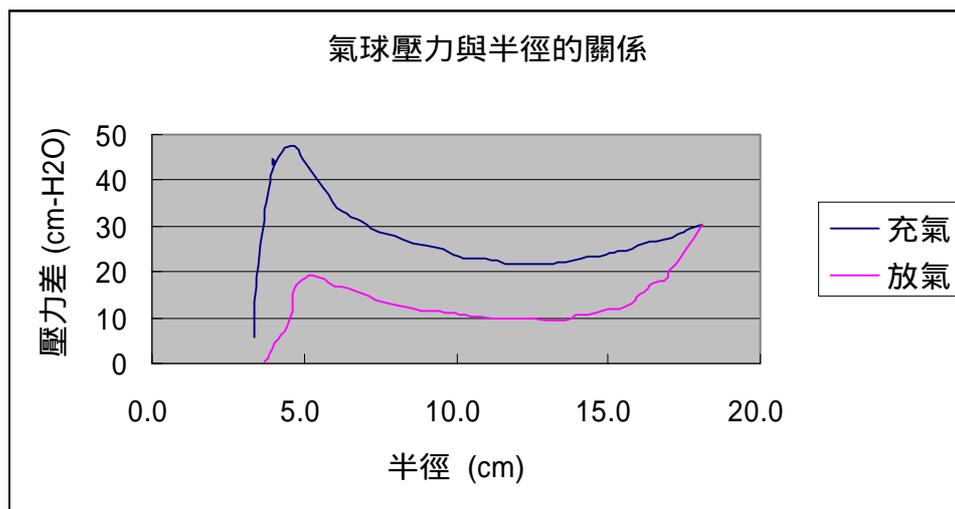


圖 三

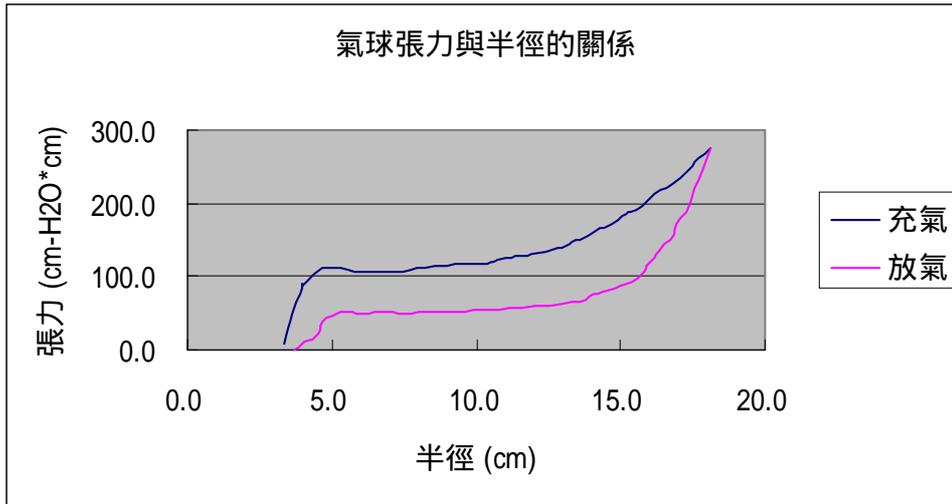
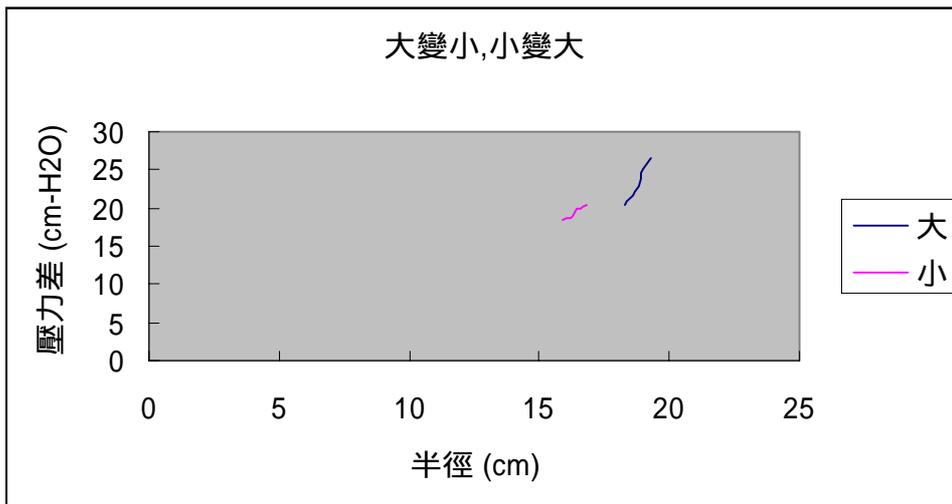


圖 四

(2)大小不同汽球的平衡

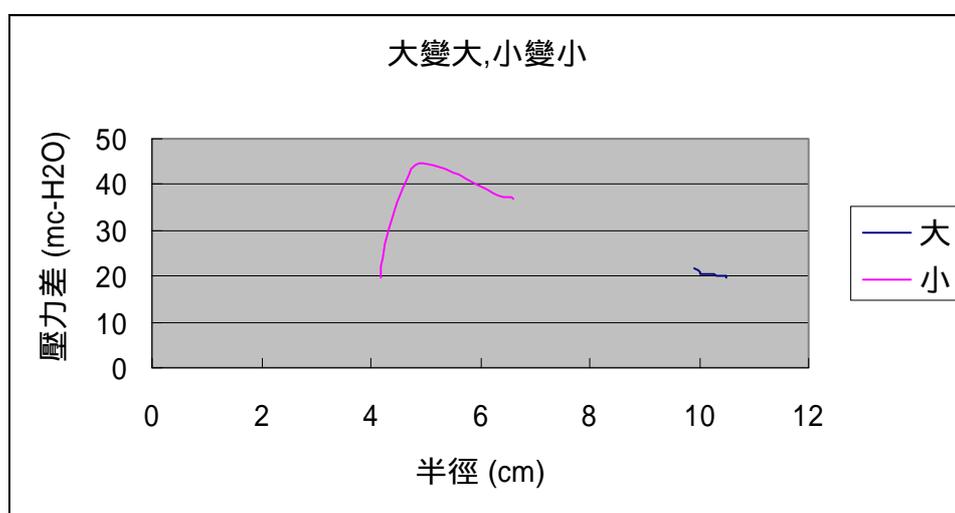
由圖三可知,半徑在5~13 cm,壓力差與半徑成反變,在13cm以上則為正變。因此,若在5~13cm間作大小不同汽球的平衡,即可得到大的變大,小的變小的結果,在13cm以上操作,所得結果為大的變小,小的變大,如下圖表所示。

A、大變小,小變大



大氣球	半徑 (cm)	19.3	19.1	19	18.9	18.8	18.6	18.5	18.4	18.3
	壓力差 (cmH ₂ O)	26.6	25.6	25.1	23.8	23	21.9	21.4	20.8	20.4
小氣球	半徑 (cm)	15.9	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8
	壓力差 (cmH ₂ O)	18.5	18.5	18.6	19	19.5	19.8	20	20.2	20.4

B、大變小,小變大



大氣球	半徑 (cm)	9.9	10	10	10.2	10.3	10.3	10.5	10.5	10.5
	壓力差 (cmH ₂ O)	21.6	20.9	20.5	20.4	20.2	20.2	20.1	19.9	19.8
小氣球	半徑 (cm)	6.6	6.5	6.3	5.9	5.5	4.8	4.4	4.2	4.2
	壓力差 (cmH ₂ O)	36.9	37.1	37.8	40.1	42.6	44.1	33.1	22.3	19.8

(三) 氣球膨脹時間的長短對壓力的影響

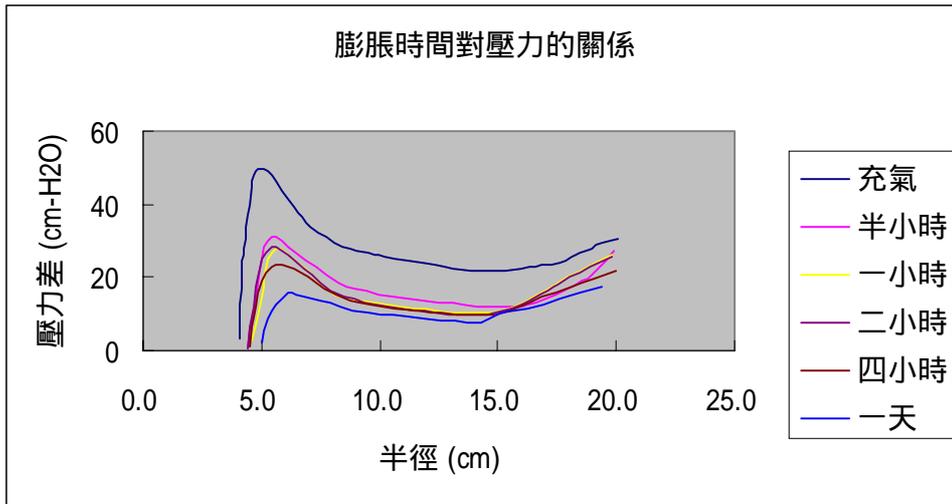


圖 五

六. 討論

(一) 汽球壓力的量測

(1) 一般解釋汽球壓力與大小的關係以

$$P \cdot \pi r^2 = T \cdot 2\pi r \quad , T \text{ 為單位長度的張力,}$$

$$P = \frac{2T}{r} \quad (1)$$

假設 T 不變, 所以 P 與 r 成反比, 這是類似肥皂泡的分析。而我們的實驗數據顯示, 汽球壓力隨半徑大小的變化是先變大後變小, 最後再變大。

將(1)改寫成 $T = \frac{Pr}{2} \quad (2)$

所以張力隨半徑成正變。

壓力在半徑為初始半徑約 1.6 倍時達到極大值, 隨後下降, 至約初始半徑的 3.6 倍時, 又再度上升, 而且上升速度很快, 一不小心汽球就會爆掉, 這似乎可以合理解釋吹汽球一開始很難吹(因為越吹壓力越大), 一旦大到一定程度(半徑超過 1.6 倍)似乎就很容易吹(壓力開始下降)吹到某個程度(半徑的 3.6 倍)就變難吹了(壓力再度上升), 再繼續吹下去可能就爆掉了。

(2) 汽球漲大後, 放氣至相同的半徑, 壓力明顯下降, 這是為橡皮的能量遲滯現象, 而在放氣過程中, 所測量之 $P-r$ 曲線也是類似充氣過程, 只是壓力小的多了。但對不同材質的汽球(如珍珠面), 在放氣過程中, 並未出現壓力明顯上升現象, 而且消氣後皺褶很多, 似乎與材質有關。

(二)大小汽球的平衡

在清楚單一汽球 P-r 關係及消氣過程的壓力,我們成功的操作出「大的變小、小的變大」,也就是「大的變大、小的變小」是在某種範圍條件下才可成立的。而在小變小的過程中,小氣球先經過壓力上升才下降達成平衡,是非常有趣的事。

(三)氣球膨脹時間的長短對壓力的影響

由圖五可知,氣球膨脹時間越久,氣球壓力變的越小。這顯示橡皮經過張力的作用以後,內部分子的結構已有改變,且作用時間越長越明顯。我們將氣球氣體放盡後,膨脹時間越久,長度也變的越大。

七.結論

這個科展作品是源自於老師上課的科玩實驗所引發的靈感,下課後我們去查了很多科玩的書,但解釋無法令人滿意,才導致我們採取行動,結果雖不盡如意,但也推翻了「大的變大、小的變小」的說法其中留下很多的疑問,比如壓力與半徑的關係為何如此複雜?肥皂泡是否也有相同現象?這也是我們以後努力的方向。

八.參考資料

- 1.David Halliday , Robert Resnick , Jearl Walker , Fundamentals of Physics extnded , Fifth Editoin , 1997 , John Wiley & Sons Inc.
- 2.Richard P. Feynman , Robert B. Leighton , Matthew Sands , Lectures on Physics , 1964 , Addison-Wesley Publishing company Inc.
- 3.DoITPoMS TLP Library – The Stiffness of Rubber
<http://www.msm.cam.ac.uk/doitpoms/tlplib/stiffness-of-rubber/index.php>

評語

040114 高中組物理科 最佳創意獎

大的變大、小的變小

一、 實驗設計能以簡單形式測量出汽球變大、變小與半徑的關係。

二、 對回復原狀時能量耗損的現象觀察入微。

改進部分

進一步探討不同材質壓力與半徑的關係，更進一步找出彈性係數、密度對其影響。