

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 物理科

第三名

030112

大欺小、小博大、大小相爭的愛恨情仇—泡泡形
狀與關係研究

學校名稱：臺北市私立復興實驗高級中學

作者： 國一 胡正勤 國一 鄭道 國一 陳冠廷 國一 彭文昊	指導老師： 楊惠婷
--	------------------

關鍵詞：氣球、泡泡、壓力

摘要

當氣球與泡泡的大小、形狀不同時，內部壓力會隨之改變。本研究針對傳統氣球、長形氣球進行內部壓力差之驗證。結果顯示，傳統氣球之小氣球內部之壓力比大氣球大；而長形氣球則為長氣球內部壓力大於小氣球。

此外，我們也針對不同形狀、長度、杯口半徑、長度之泡泡內部壓力進行探討。當長度增加，凸泡泡壓力會隨長度減少，凹泡泡與直泡泡會隨長度增加。而杯口半徑不同時，小杯泡泡空氣往大杯泡泡移動的狀況佔多數。但實際決定空氣流動與否的，其實是大杯泡泡的最大半徑。

壹、研究動機

在一次科學實驗的課程中，老師帶我們做了一項充滿意義又饒有趣味的實驗，令我們永生難忘。在那次的實驗中，我們先吹了兩個大小不同的圓形汽球，套在管子上，輕輕壓其中一個氣球，氣體會從其中一邊移到另外一顆氣球。

平常的情況下，我們都以為氣球灌得越大，內部的壓力也越大，因此空氣會從較大的氣球往較小的氣球移動。但這個結果卻與我們所有人預料的結果相反。小氣球只需要輕輕一壓，空氣就會跑到大氣球；但大氣球卻需要用很大的力氣才能把空氣擠到對面去。經過老師的講解，我們才知道這種現象與氣球皮的張力有關。當我們剛開始吹汽球時，球皮彈力很大，比較難吹；但是當汽球被吹開後，接下來就會比較好吹。

然而，不同形狀和種類的氣球，反應的方式都會相同嗎？如果我們把汽球換成泡泡，結果也會一樣嗎？經過幾次的實驗我們發現泡泡比氣球更容易控制形狀和大小。於是，我們訂出了數種不同的實驗和標準作業程序，並對泡泡和氣球形狀對內部壓力的影響做探討。

貳、研究目的

為了驗證空氣真的是由小氣球流向大氣球，我們針對已知結果的大小氣球進行驗證實驗。結果發現當我們使用同樣形式，不同大小的傳統汽球作測試時，空氣並不如一開始預期般自由流動。

當我們以手輕壓兩側氣球時，空氣由小氣球跑到大氣球非常容易，要從大氣球跑到小氣球卻需花費一番功夫。此結果代表：雖然連通管兩側氣球在連通管打開時不會有明顯大小變化，但他們之間的壓力差仍然存在。只要我們施與一與氣球表皮對抗之外力，氣體便會由壓力大側（小氣球）移置壓力小側（大氣球）。

氣球的表面張力會因彈性疲乏而有所差異，為了增加實驗的準確性，我們使用泡泡來進行我們的實驗，以下是我們的實驗目的：

- 一、了解在同長度，同杯口口徑，泡泡的形狀與其壓力差的關係。
- 二、了解在同長度，不同杯口口徑，泡泡的形狀與其壓力差的關係。
- 三、了解在不同長度，同杯口口徑，泡泡的形狀與其壓力差的關係。

參、研究設備及器材

一、泡泡實驗

泡泡管組

開關		大布丁杯 (8cm)	
L 形彎管		小布丁杯 (6cm)	
T 形彎管		鐵架 (高度 57.5cm)	
短水管 (內徑 1.7cm)		三爪夾	

(二) 泡泡水調製

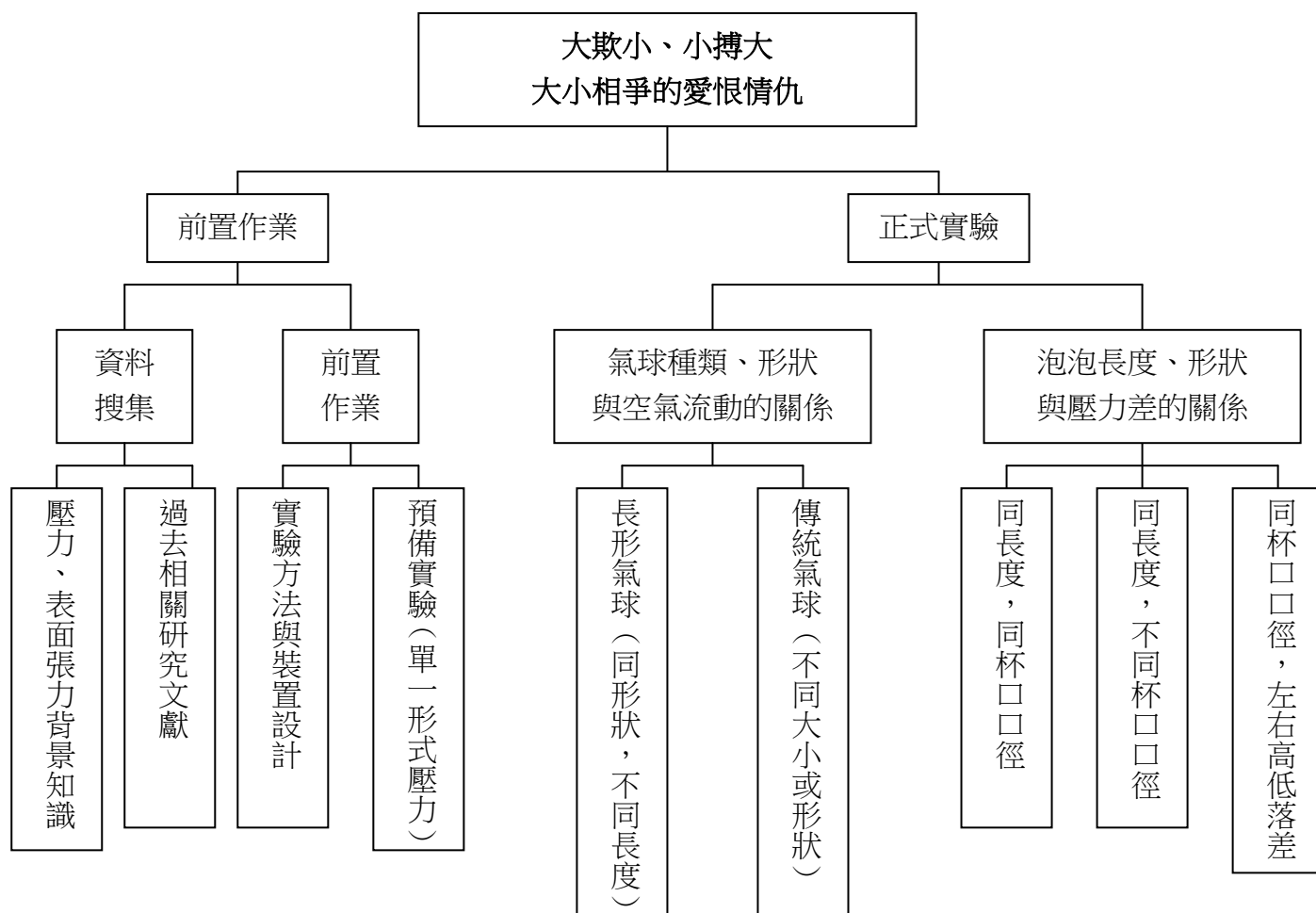
洗手乳	甘油	水	量筒
-----	----	---	----

洗手乳與甘油比例為 3 : 1。

其比例約為 30ml 洗手乳加 10ml 甘油，配置成 300ml 的泡泡水。

肆、研究過程或方法

研究流程圖



一、資料蒐集

- (一) 預先學習壓力、表面張力等與研究相關之背景知識。
- (二) 搜集過去氣球、泡泡相關的研究文獻，加以整合運用。

二、前置作業

- (一) 設計製作各式裝置，並針對缺點加以改進，減少實驗誤差。
- (二) 預備實驗：

以口徑 7cm 之小杯吹製凸、直、凹三種形狀的泡泡，分別測量在一大氣壓下，泡泡在 8cm、10cm、12cm、14cm 及 16cm 長度時，空氣流動變化的情形。



凸泡泡



直泡泡



凹泡泡

三、驗證實驗

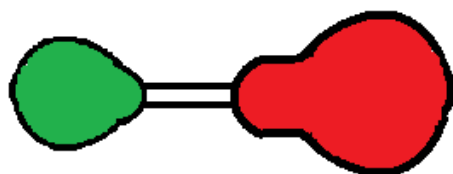
根據我們找到的資料顯示，小氣球內部的空氣能輕易流向大氣球。然而，事實真是如此嗎？不同材質與形狀的氣球，結果是否會相同呢？為了針對這樣的現象作探討，我們嘗試了不同形狀的氣球，並比較其結果。

(一)、氣球大小、形狀與空氣流動的關係

1 不同形式傳統氣球，空氣流動狀態：

為了解氣球皮張力、氣球內部壓力、氣球大小、氣球形狀之間的關係，我們利用特製打氣筒，將同款氣球分別打入 2 下、4 下、6 下、8 下、10 下及 12 下等量空氣，封口備用。

將不同大小的氣球連接於氣體連通管兩側，並分別測量其長度。記錄數據後，將連通管打開，觀察氣球空氣移動方向，並重新記錄變化後的長度大小。用手擠壓氣球，並測量把空氣擠壓至對側所需施加壓力的大小。

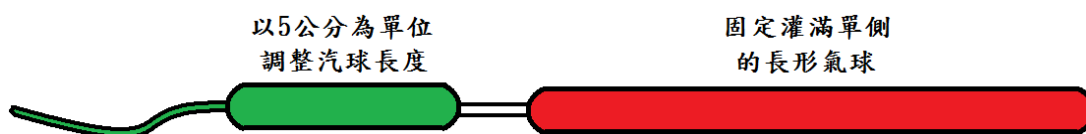


2 相同形狀、不同長度長形氣球，空氣流動狀態：

傳統氣球形狀容易因每次充氣方式不同而改變。雖然每次實驗前我們都會盡量將氣球形狀調整至相同，但仍無法將所有實驗組別變因單純化。因此，在本階段，我們使用市售長條狀氣球，企圖將氣球形狀控制為長條形，減少因形狀不同而產生的誤差。

長條氣球與傳統氣球不同，當我們充氣時，氣球並非整條同時膨脹，而是會由遠離打氣筒端處鼓起，氣打得越多，充氣部分的長度越長。因此，在長形氣球內部氣體定量的部分，可直接以長度估算之。

我們將氣球連接於連通管兩側，其中一側充滿氣體；另外一側則以 5 公分為單位，隨長度作變化。當兩側氣球充氣完畢後，打開連通管，觀察氣體移動方向與兩側氣球長度改變量。此外，為減少氣球皮因彈性疲乏所造成之誤差，我們將相同兩條氣球反覆交換位置，重複測試四遍，企圖將氣球皮彈性對結果造成的影響降至最小。



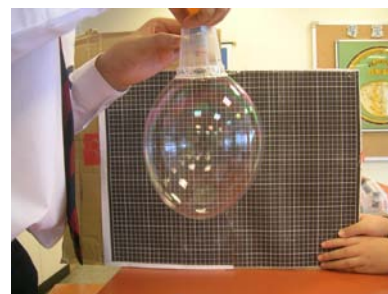
四、正式實驗

(一)、泡泡長度、形狀與空氣流動的關係

為測量不同形狀、長度、杯口口徑泡泡內部壓力相對大小，我們以特製連通管吹製泡泡。當兩側泡泡吹製完畢後，我們會打開連通管，並開始計時。待泡泡反應完畢後，便停止計時，並測量殘留泡泡的長度與其最大或最小半徑。

泡泡半徑的測量

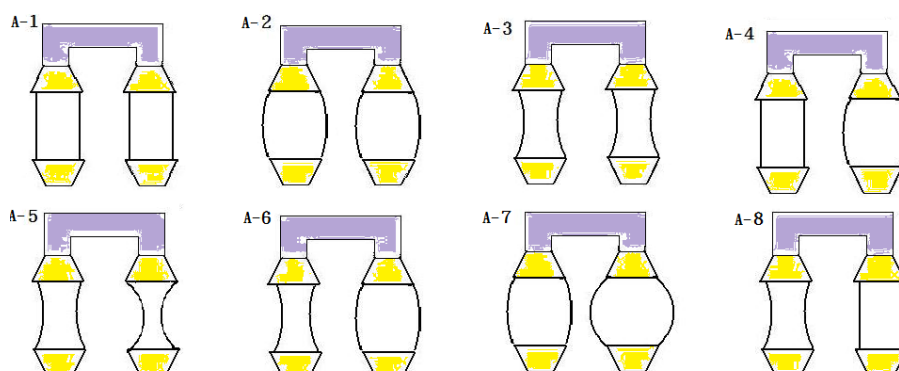
泡泡非常脆弱易破，我們無法直接以尺測量，但我們卻能測量泡泡上方杯口的口徑。倘若直接測量泡泡的寬度行不通，那間接換算便是最好的辦法。我們在泡泡的後方擺上由 1cmx1cm 格子構成的板子，再用相機拍攝泡泡的照片。接下來，我們利用照片當中泡泡所佔格子數，以及杯口所佔格子數作等比例推算，便可計算出泡泡實際的尺寸。其換算公式為：泡泡測量格數 x 杯口實際寬度 / 杯口格數 = 泡泡實際寬度。



1 實驗A：相同長度與杯口口徑狀況下，空氣流動狀態

為針對不同形狀泡泡內部壓力作比較，我們將兩側杯子口徑與泡泡長度統一，並預設左側泡泡體積小於右側。我們分別使用內徑 9cm 與 7cm 大小兩種口徑的杯子進行實驗，並設計了「直 vs 凸」、「小凹 vs 大凹」、「凹 vs 凸」、「小凸 vs 大凸」、「凹 vs 直」五種泡泡形狀的相對。

此外，我們也針對每種關係變換長度，分別將泡泡長度訂為 4cm、6cm、8cm、10cm、12cm、14cm、16cm 七種長度，企圖找出其變化特性。

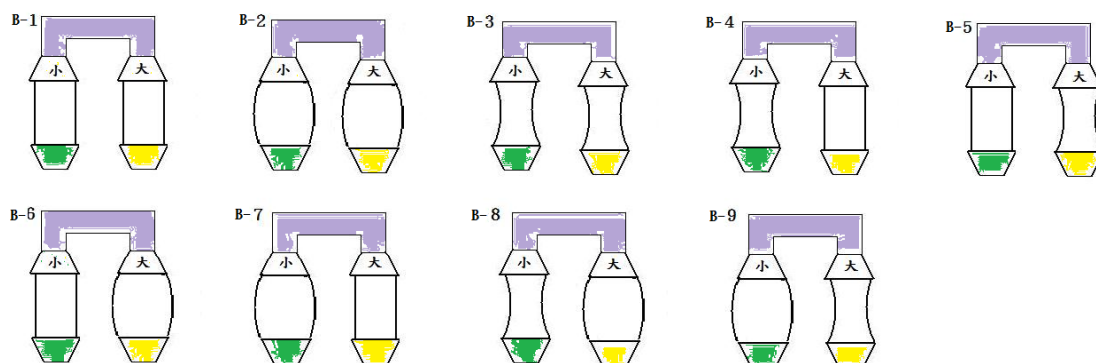


2 實驗B：相同長度，不同杯口口徑狀況下，空氣流動狀態

在對泡泡形狀與壓力關係有初步了解後，我們將在第二部分實驗針對「杯口口徑大小」作測試。我們預設左側泡泡杯口口徑小於右側（左側 7cm，右側 9cm），並將兩

側泡泡長度統一為 4cm、6cm、8cm、10cm、12cm、14cm、16cm 七種長度。

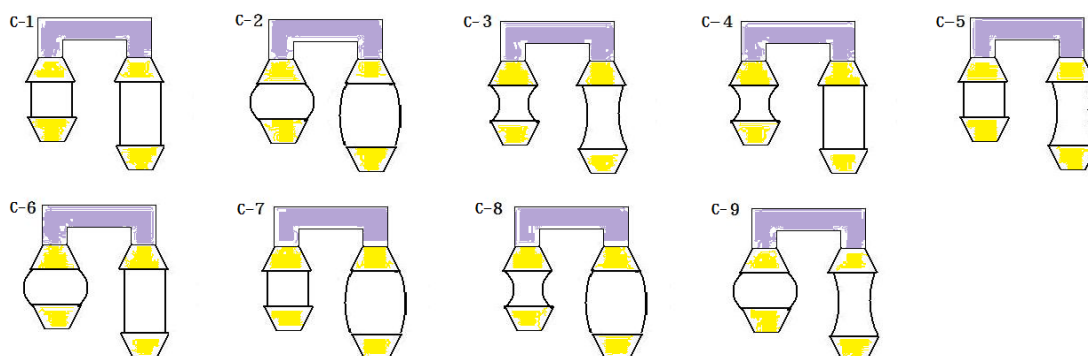
在 1~3 類中，我們將左右兩側泡泡形狀訂為「直」「凸」與「凹」三種，並針對相同形狀、不同杯口大小泡泡作測試（此處相同形狀意指管子兩側泡泡最凹與最凸處直徑相同）。在 4~9 類中，我們則將左右兩側泡泡形狀訂為「凹 vs 直」「凸 vs 直」與「凹 vs 凸」，並配合杯口大小作變化。



3 實驗 C：相同杯口口徑，左右長度不同狀況下，空氣流動狀態

第三部分實驗，我們將針對「長度差」作測試。我們將杯子口徑統一為 9cm，並預設左側泡泡長度小於右側。右側泡泡長度皆訂為 16cm，左側泡泡則視長度差作調整。兩側泡泡長度差共有差 4cm、差 6cm、差 8cm、差 10cm、差 12cm、差 14cm 六種組合。

在 1~3 類中，我們將左右兩側泡泡形狀訂為「直」「凸」與「凹」三種，並針對相同形狀、不同長度泡泡作測試（此處相同形狀意指管子兩側泡泡最凹與最凸處直徑相同）。在 4~9 類中，我們則將左右兩側泡泡形狀訂為「凹 vs 直」「凸 vs 直」與「凹 vs 凸」，並配合長度差作變化。

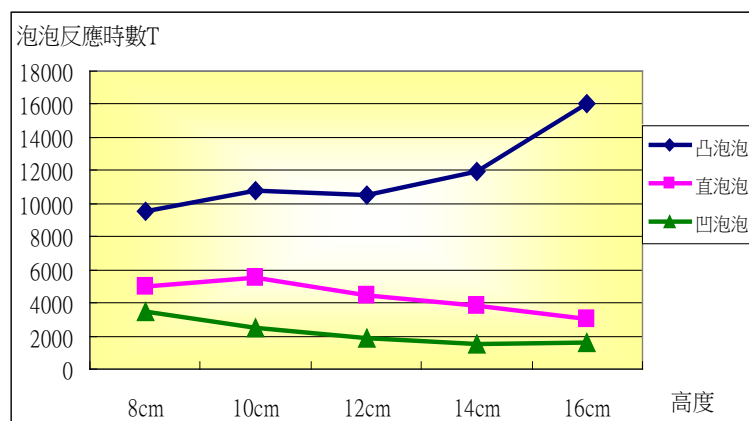


伍、研究結果

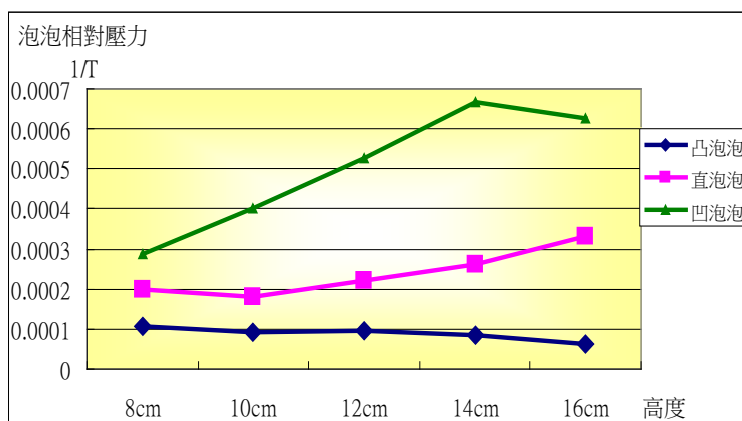
一、預備實驗：

不同長度的泡泡，其體積也不相同。我們若想以泡泡消氣時間推估其內部壓力大小，就必須考慮到泡泡內部氣體量的多寡。在預備實驗中，我們將凸泡泡、直泡泡、與凹泡泡則「近似圓柱體」。將泡泡平均反應時間 t 除以其對應體積 V ($V=h\pi r^2$)，得到反應時數 T ($T=t/V$)，並推得三種泡泡間的相對壓力 $1/T$ 。實驗結果如下圖：

泡泡反應時數 T 與長度 h 關係圖



泡泡相對壓力 $1/T$ 與長度 h 關係圖



由實驗結果，我們可看出：

- 1 當泡泡長度固定時，形狀越凹，其內部壓力越大，所需要反應的時間越短。
- 2 當泡泡形狀固定，凸泡泡的長度越高，內部壓力越小；直泡泡的長度越高，內部壓力越大；而凹泡泡的長度越高，內部壓力也越大。
- 3 凸泡泡內部壓力隨長度改變的變化最明顯。

二、驗證實驗（氣球大小、形狀與空氣流動的關係）

為了驗證空氣真的是由小氣球流向大氣球，我們針對氣球做了測試實驗。結果發現，不同材質與形狀的氣球，內部氣體流動的方向並非完全遵照「空氣由小氣球流向大氣球」的定律。

1 不同形式傳統氣球，空氣流動狀態：（附錄一）

當我們使用同樣形式，不同大小的傳統汽球作測試時，我們發現：空氣並不如一開始預期般自由流動。在所有實驗中，只有左側打氣 12 下，右側打氣 2 下氣球組，空氣會在連通管打開時有明顯變化。因此我們可推測：由於氣球表皮彈性極大，當連通管打開時，表皮會自行伸縮調整，空氣並不會有明顯移動。只有當一側氣球被撐到極限（12 下），而兩側大小存在特定差異時，空氣才會自由移動。

然而，當我們以手輕壓兩側氣球時，空氣由小氣球跑到大氣球非常容易，要從大氣球跑到小氣球卻需花費一番功夫。此結果代表：雖然連通管兩側氣球在連通管打開時不會有明顯大小變化，但他們之間的壓力差仍然存在。只要我們施與一與氣球表皮對抗之外力，氣體便會由壓力大側（小氣球）移置壓力小側（大氣球）。

2 相同大小、不同形狀傳統氣球，空氣流動狀態：(附錄二)

我們將長短兩條長形氣球置於聯通管兩側。當聯通管打開後，我們發現空氣清一色由較長的氣球移向較短的氣球。這是由於長形氣球灌氣時，會由遠離打氣筒端處鼓起，氣打得越多，充氣部分的長度越長，而未充氣的部分則是維持原樣。因此，在充氣部分的長形氣球，所受氣球表皮的張力應該相等。

當我們將充飽氣的氣球與充至固定長度氣球置於聯通管兩側，充飽氣的氣球已無膨脹空間，內部壓力較大，故空氣會移向另一邊。

此外，在四次實驗數據中，我們也發現：每次實驗第二次所測試到的結果長度變化量最大。這是因為第一次實驗時，氣球表皮彈性極大，氣體移動受限制。第二次實驗中，我們將左右兩側氣球交換並重複實驗。此時充滿氣的氣球張力較大，而固定長度的氣球則因前次實驗而變得較鬆，因此空氣移動時，結果極為明顯。第三與第四次實驗測試時，兩側氣球表皮皆已達彈性疲乏，故兩側壓力差異變小，氣體移動狀況不明顯。

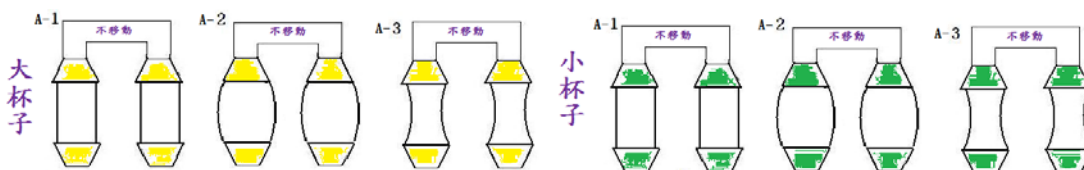
充滿氣的氣球內氣體移至固定長度氣球時，長度不變，但形狀改變。多次實驗結果顯示，當空氣移動，氣球會由粗變細，或是在接近接口 5~8cm 處產生凹陷。

三、泡泡長度、形狀與空氣流動的關係

1 實驗 A：相同長度與杯口口徑狀況下，空氣流動狀態

(1) 當形狀相同，兩泡泡間空氣並不會流動

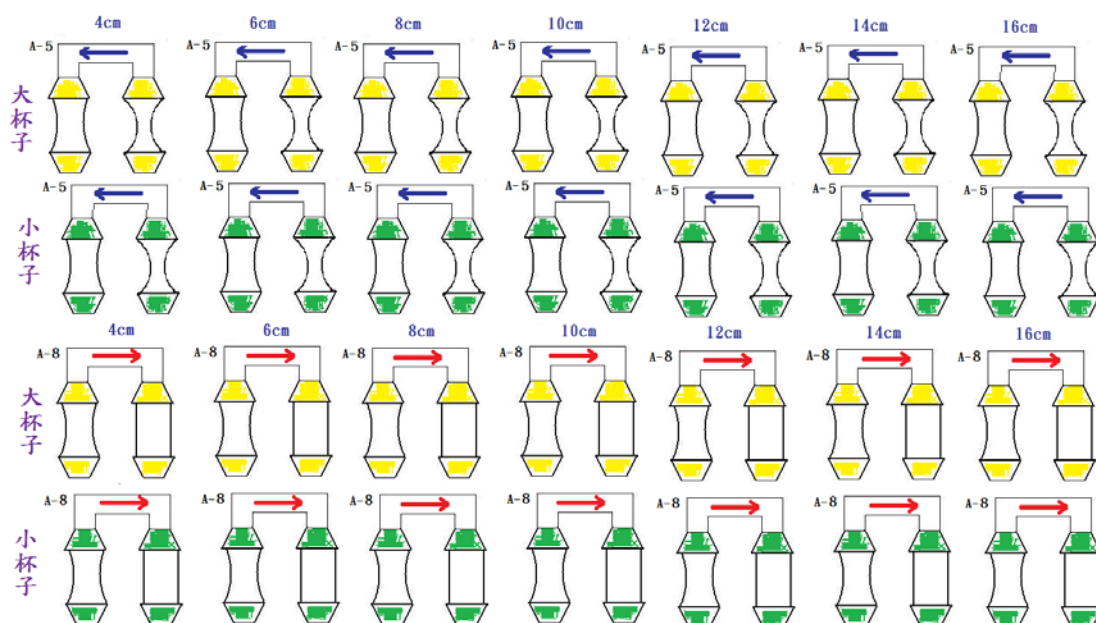
實驗 A-1、A-2、A-3 顯示：當兩邊泡泡形狀與長度相同時，無論是大杯或小杯，在「兩邊皆直」、「兩邊皆凸」或「兩邊皆凹」狀況下，連通管打開後空氣都不會流通。故兩邊泡泡內部壓力是相同的。



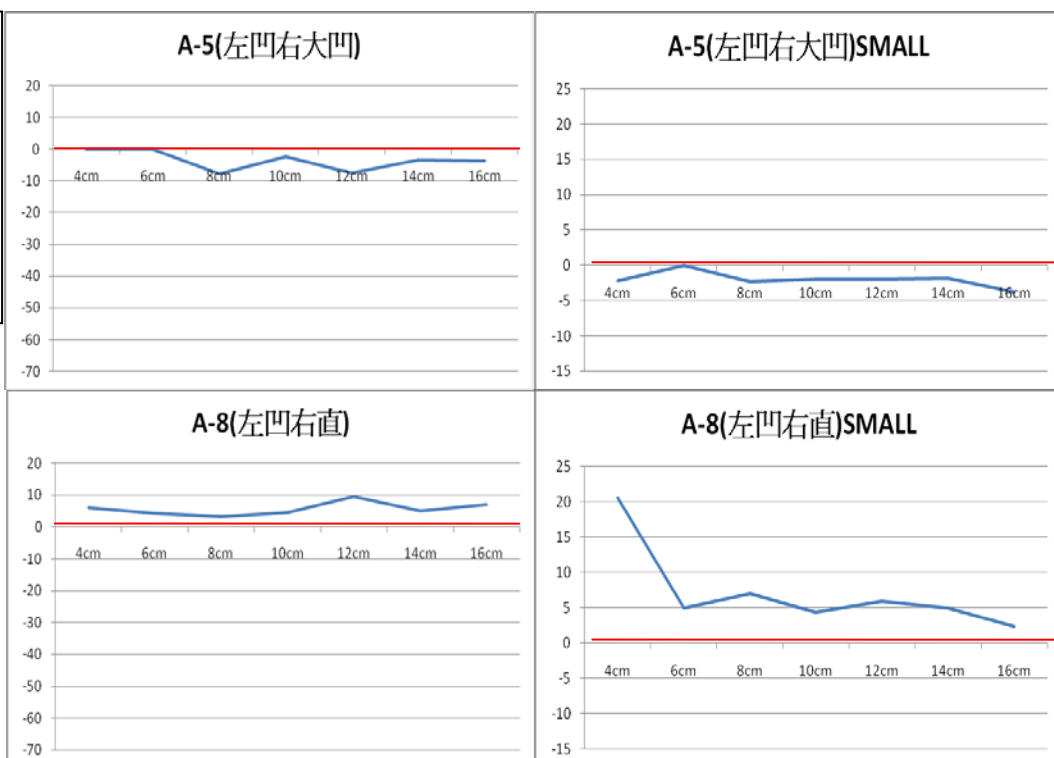
(2) 當兩側泡泡寬度 $\leq$ 杯口口徑，泡泡越凹，壓力越大（壓力：大凹 > 小凹 > 直）

在實驗組別中，A-5「小凹 vs 大凹」與 A-8「凹 vs 直」泡泡，連通管兩側泡

泡的最大寬度皆小於杯口口徑。當連通管打開後，無論是大杯或小杯，所有長度泡泡內的空氣都是由小泡泡（較凹）往大泡泡（較直）移動。因此，我們可以得知：當泡泡寬度不超過杯口直徑時，泡泡越凹，其內部壓力愈大。



空氣由右到左流動
以負值表示；空氣
由左流到右以正值
表示。
X軸為不同長度
Y軸則為反應時間

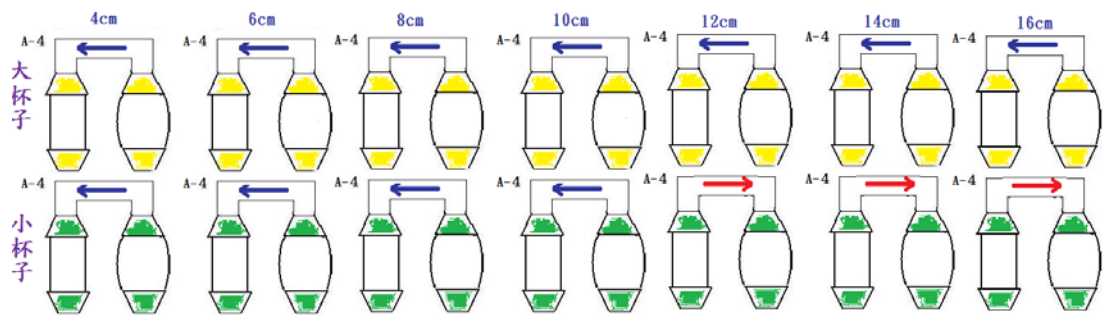


(3) 當遇到凸泡泡，長度越高，凸泡泡內部壓力越小

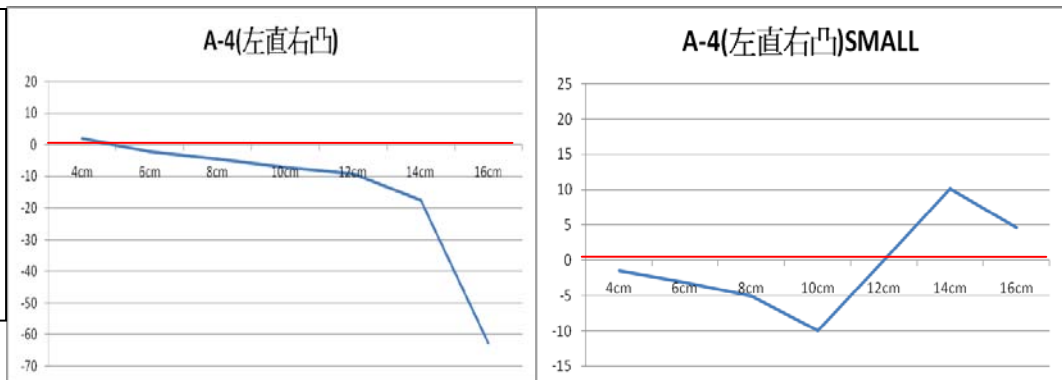
由預設實驗，我們已知直泡泡壓力隨長度增加而增加；凸泡泡壓力隨長度增加而減少。

在實驗 A-4 中，大杯實驗空氣皆由凸泡泡移向直泡泡。因此我們知道當長度 $\leq 16\text{cm}$ 時，凸泡泡之壓力均大於直泡泡。小杯實驗長度 $\leq 10\text{cm}$ 時，空氣亦

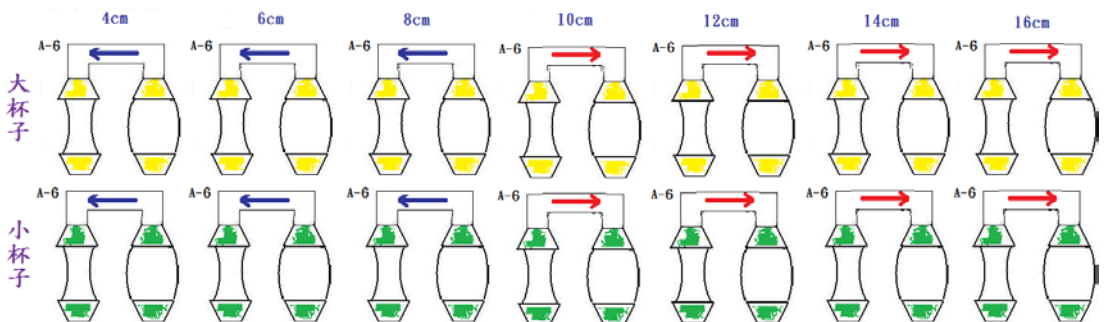
由凸泡泡移向直泡泡，但當長度 $>10\text{cm}$ 時，凸泡泡壓力漸減，直泡泡壓力漸增，因此空氣反向，由直泡泡移向凸泡泡。由此，我們也可觀察到：當杯口半徑不同時，壓力隨長度變化的量值亦不相同。



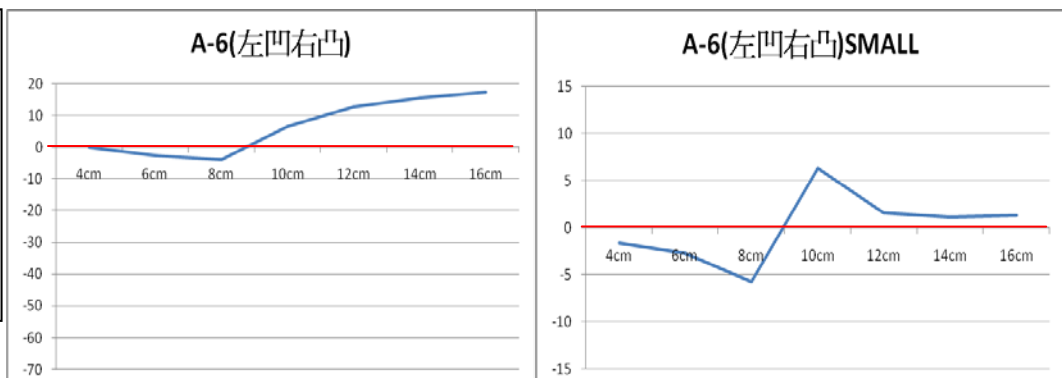
空氣由右到左流動
以負值表示；空氣
由左流到右以正值
表示。
X軸為不同長度
Y軸則為反應時間



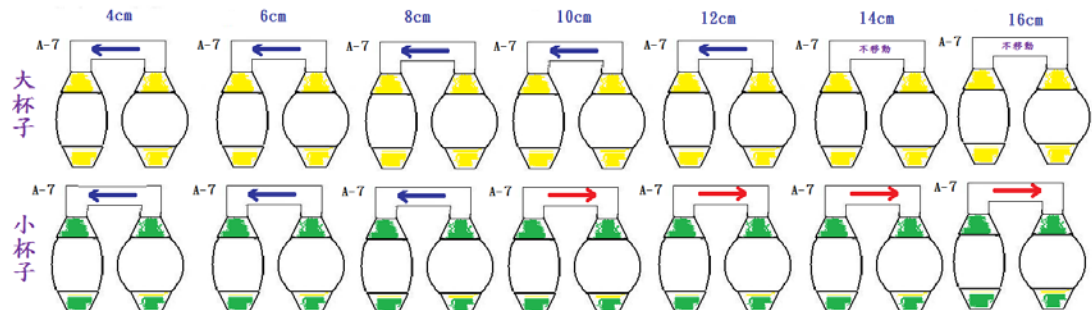
實驗 A-6 中，無論是小杯或大杯，當長度 $\leq 8\text{cm}$ ，空氣由凸泡泡移向凹泡泡；但當長度 $>8\text{cm}$ ，此時空氣會由凹泡泡移向凸泡泡。此處杯口半徑對壓力的影響並不明顯。



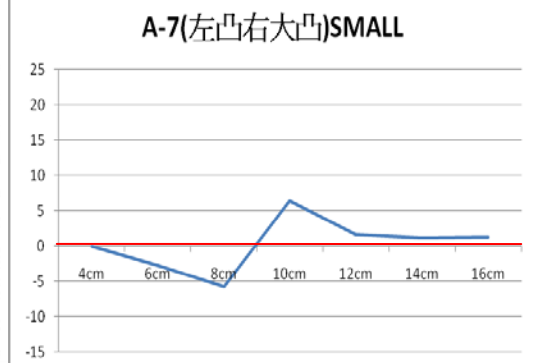
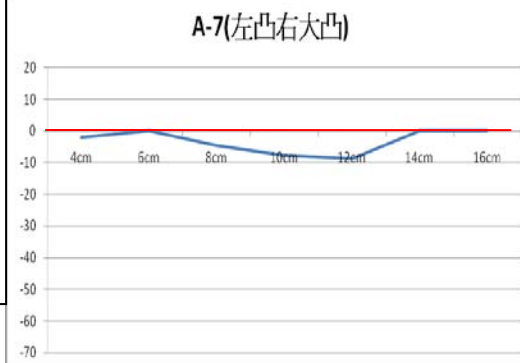
空氣由右到左流動
以負值表示；空氣
由左流到右以正值
表示。
X軸為不同長度
Y軸則為反應時間



實驗 A-7 中，當兩泡泡皆凸，若長度較低，則空氣由大凸泡泡流向小凸泡泡。然而當長度漸升，此時大凸泡泡壓力減小的幅度較小凸大，因此空氣轉向，由小凸流向大凸。由實驗，我們也能明顯看出當杯口越小，壓力隨長度變化的轉折點也越小。



空氣由右到左流動
以負值表示；空氣
由左流到右以正值
表示。
X軸為不同長度
Y軸則為反應時間

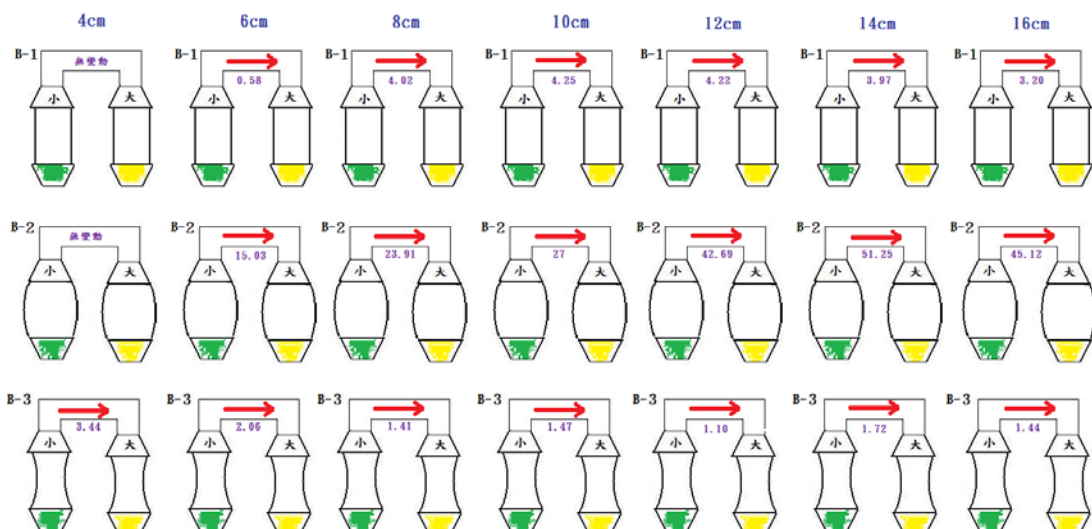


2 實驗B：相同長度，不同杯口口徑狀況下，空氣流動狀態：

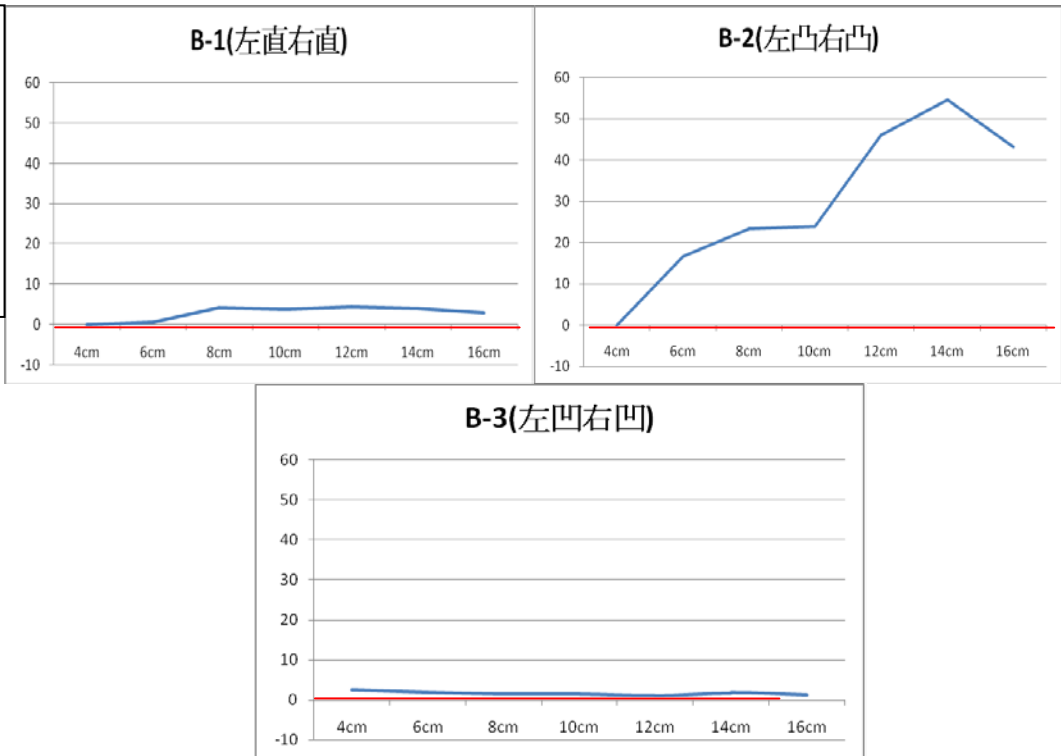
(1) 當形狀相同，小杯泡泡的空氣往大杯泡泡移動（壓力：小杯>大杯）

當大小兩杯位於連通管兩側，泡泡形狀、長度相同時，B-1「兩邊皆直」、B-2「兩邊皆凸」或 B-3「兩邊皆凹」的泡泡空氣皆由小杯移向大杯。而且長度越高，空氣的移動速度就越快。

此外，我們發現空氣移動速度「兩邊皆凹」>「兩邊皆直」>「兩邊皆凸」。雖然空氣流動時間長短與其內部氣體含量有關，但凹凸直三種類形泡泡變化時間差異過大，已超出氣體體積差異所能影響範圍，所以我們推論：除了泡泡體積外，不同形狀對於壓力也會有很大的影響。而且在相同形狀與長度下，泡泡越凸，兩邊壓力差越小；泡泡越凹，兩邊壓力差越大。



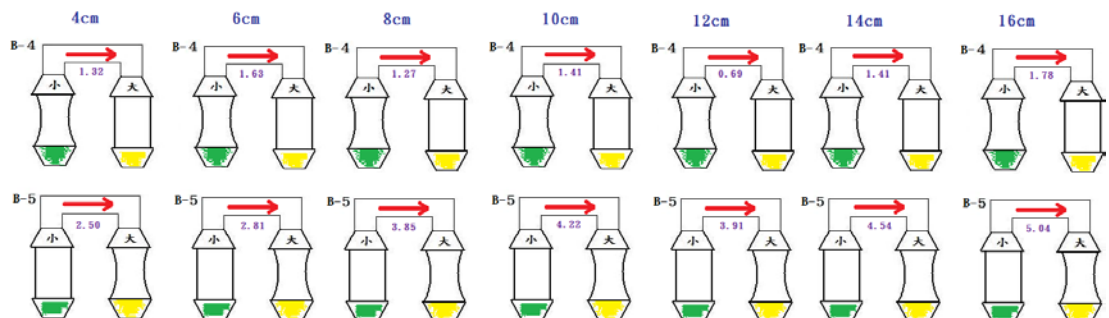
空氣由右到左流動
以負值表示；空氣
由左流到右以正值
表示。
X軸為不同長度
Y軸則為反應時間



(2) 當形狀為「凹 vs 直」，小杯泡泡的空氣皆往大杯泡泡移動（壓力：小杯 > 大杯）

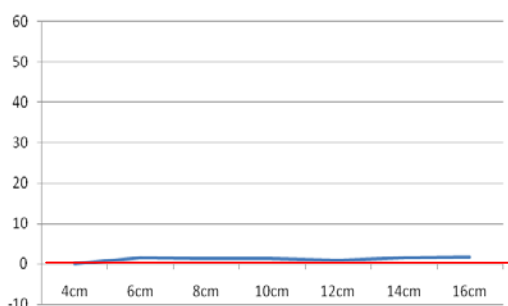
由實驗 A-2、A-5，我們已經知道長度、杯徑相同時，內凹的泡泡壓力大於筆直泡泡。而由實驗 B-1～B-3，我們也知道長度、形狀相同時，小杯口的泡泡壓力大於大杯口泡泡。因此，在實驗 B-4「小杯凹、大杯直」中，小杯口內凹泡泡壓力得到加乘效果，所有長度空氣皆由小杯向大杯移動。

然而在實驗 B-5「小杯直、大杯凹」中，兩側泡泡受到「杯子口徑」與「泡泡形狀」兩相反的條件相抗衡，形成杯口口徑與泡泡形狀的角力戰。實驗結果顯示，所有長度空氣皆由小杯向大杯移動。我們也可由實驗數據看出實驗 B-5 反應的時間比實驗 B-4 要長得許多。這也代表：當「杯子口徑」與「泡泡形狀」兩種變因同時存在時，雖然「杯子口徑」對泡泡壓力的影響會大於「泡泡形狀」，然而「泡泡形狀」卻依然會造成泡泡壓力改變，使得兩側壓力差變小，空氣流動速度變慢。

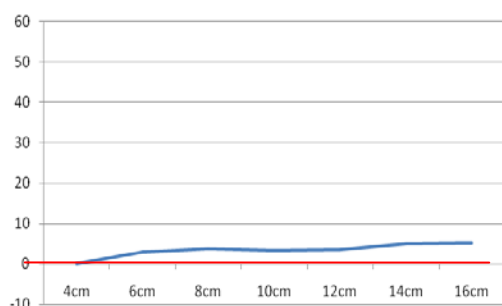


空氣由右到左流動
以負值表示；空氣
由左流到右以正值
表示。
X軸為不同長度
Y軸則為反應時間

B-4(左凹右直)



B-5(左直右凹)

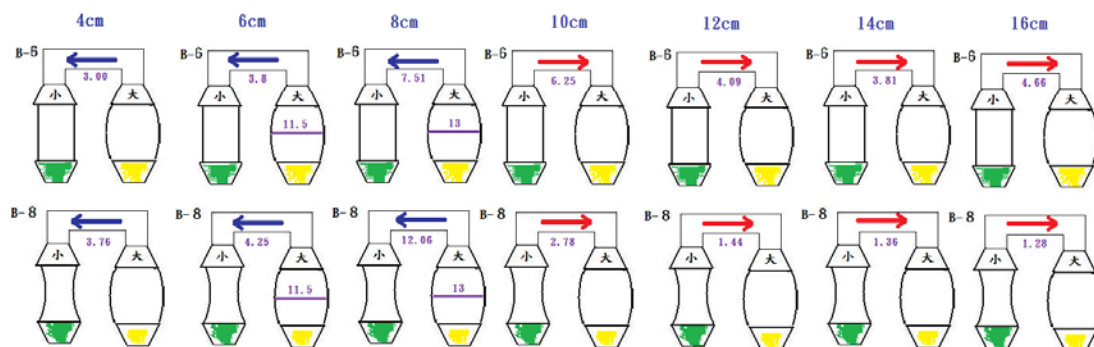


(3) 當大杯形狀為「凸」，空氣移動方向視長度而定（壓力：隨長度改變）

在實驗 B-6「小杯直、大杯凸」與實驗 B-8「小杯凹、大杯凸」中，泡泡內空氣移動方向視長度而定。

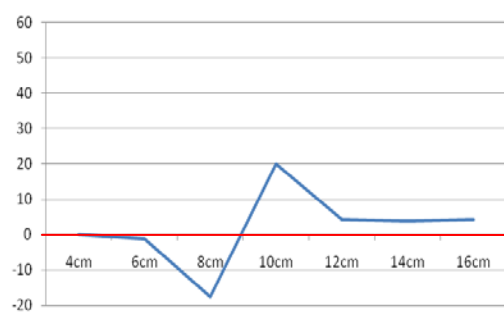
根據實驗，當泡泡長度 $<10\text{cm}$ ，無論大杯「凸泡泡」的半徑如何變換，空氣皆由大杯移向小杯，且空氣移動至一定程度後，便靜止不再移動。當空氣靜止後，若測量大杯泡泡半徑，我們發現大杯泡泡半徑皆接近定值；但同組小杯泡泡半徑卻會因我們吹製兩個泡泡時，空氣的多寡而變化。

當泡泡長度 $\geq 10\text{cm}$ 時，空氣移動方向改變，轉為由小杯移向大杯。此時，小杯泡泡空氣會完全移動至大杯泡泡內。且會在下方杯口留下 $3\sim 5\text{cm}$ 不等的泡泡。當泡泡長度相同時，所遺留下的泡泡長度也近似相同。因此我們發現當泡泡長度相同，空氣移動時，泡泡內陷斷裂的位置也幾乎相同。

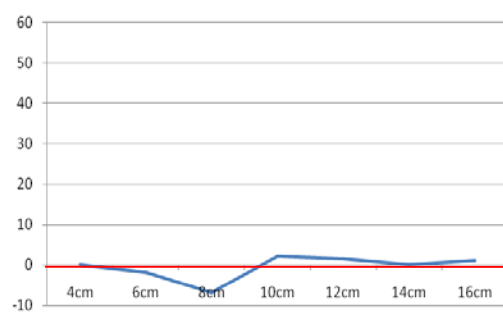


空氣由右到左流動
以負值表示；空氣
由左流到右以正值
表示。
X軸為不同長度
Y軸則為反應時間

B-6(左直右凸)



B-8(左凹右凸)

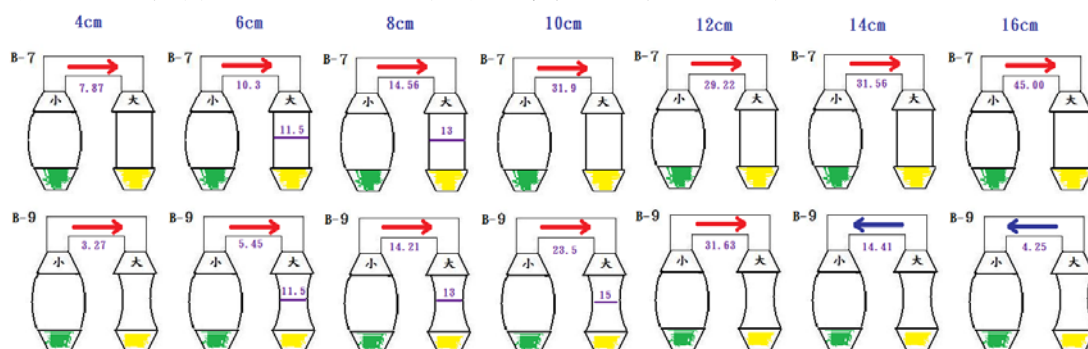


(4) 當小杯形狀為「凸」，空氣多由小杯移向大杯（壓力：小杯>大杯）

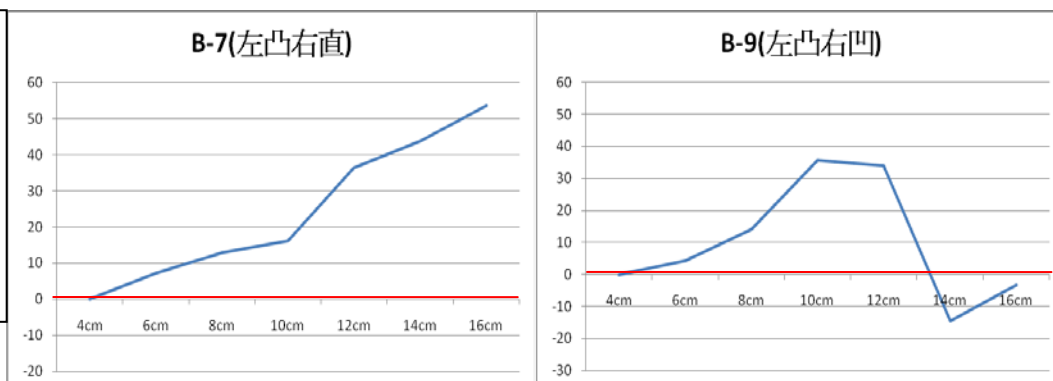
在實驗 B-7「小杯凸、大杯直」與實驗 B-9「小杯凸、大杯凹」中，幾乎所有泡泡皆由小杯移向大杯。

當泡泡長度 $\leq 10\text{cm}$ ，空氣移動至一定程度後，便靜止不再移動。此時若測量大杯泡泡半徑，我們發現大杯泡泡半徑皆接近定值，小杯泡泡半徑卻會因我們吹製兩個泡泡時，空氣的多寡而變化。當泡泡長度 $> 10\text{cm}$ 時，小杯泡泡空氣會完全移動至大杯泡泡內。

在實驗 B-7 中，長度越高，泡泡空氣移動所需時間越久；實驗 B-9，泡泡在 16cm 高突然轉向，空氣由大杯移向小杯。這些結果都顯示當長度越高時，杯口大小對泡泡的影響越小，反應方式越接近實驗 A 系列之結果。



空氣由右到左流動
以負值表示；空氣
由左流到右以正值
表示。
X軸為不同長度
Y軸則為反應時間

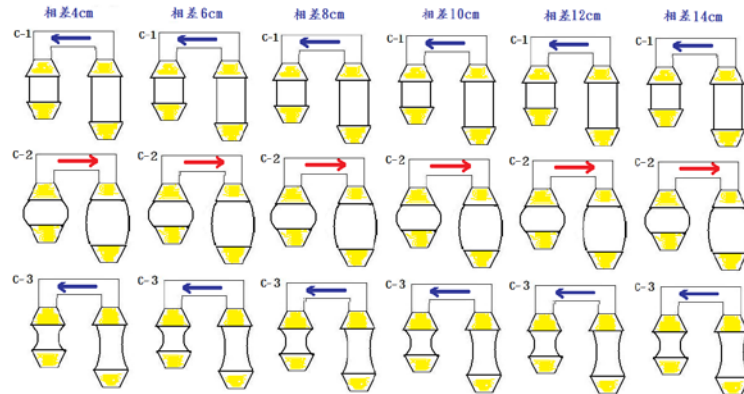


3 實驗 C：相同杯口口徑，左右長度不同狀況下，空氣流動狀態：

(1) 當兩側泡泡形狀相同，其壓力關係與預設實驗相符

當兩側泡泡形狀不同，長度相同時，泡泡長度差越大，變動結果越顯著。實驗 C-2「兩側皆凸」中，在兩側泡泡擁有相同最大半徑的狀況下，空氣皆由短泡泡移至長泡泡。此結果與預設實驗中「凸泡泡長度越高，內部壓力越小」相符。在實驗 C-3「兩側皆凹」中，在兩側泡泡擁有相同最小半徑的狀況下，空氣皆由長泡泡移至短泡泡。此結果亦與預設實驗中「凹泡泡長度越高，內部壓力越大」相符。而實驗 C-1「兩側皆直」中，空氣皆由長泡泡移至短泡泡。結果亦與預設實驗相符。推測這是由於長度越高，泡泡受張力影響，其狀況越

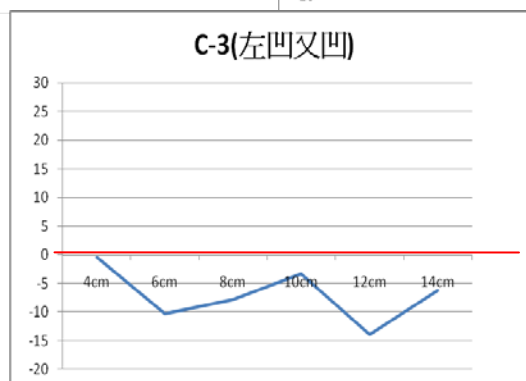
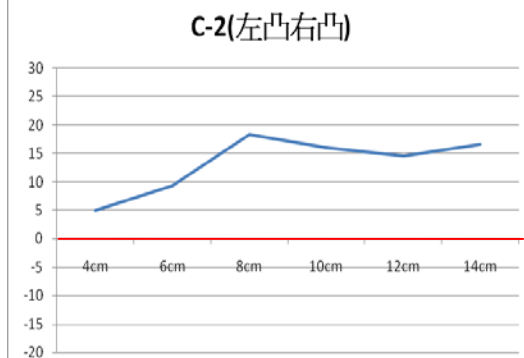
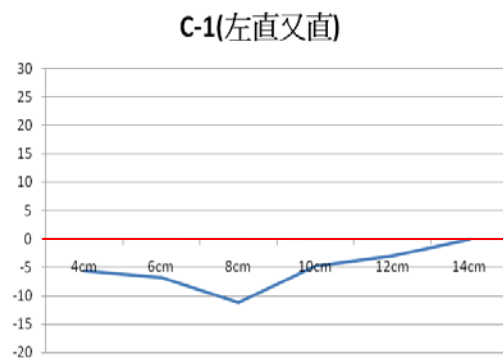
接近凹泡泡。



空氣由右到左流動
以負值表示；空氣
由左流到右以正值
表示。

X軸為不同長度

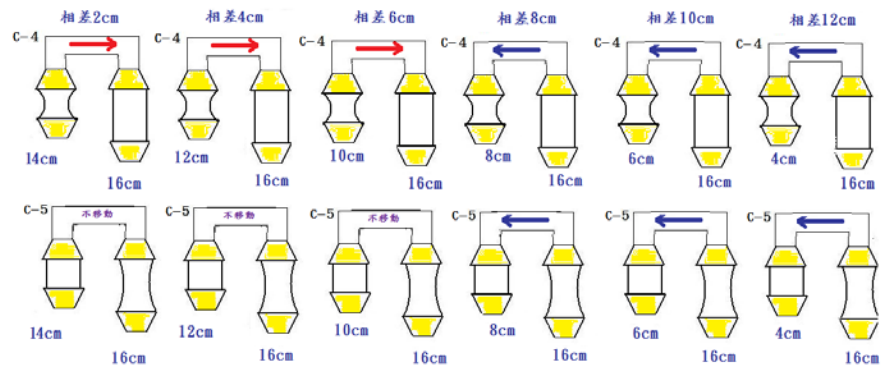
Y軸則為反應時間



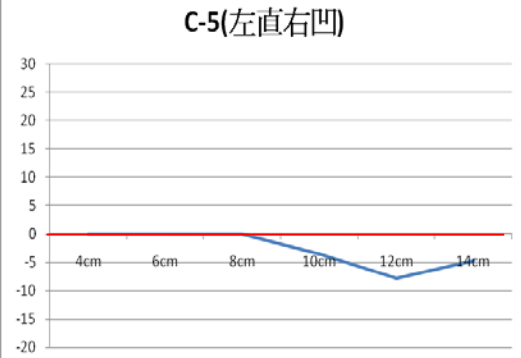
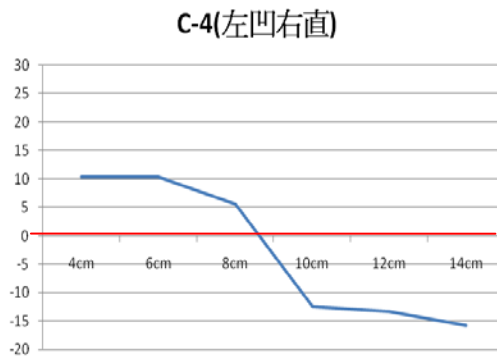
(2) 當兩側一凹一直，長度差越大，影響越顯著

由預設實驗，我們已知凹泡泡內部壓力 > 直泡泡，且兩泡泡壓力會隨著長度增加而上升。在實驗 C-4「左凹右直」當兩泡泡長度差 < 8cm，此時空氣流動方向主要由短凹泡泡移向長直泡泡，顯示泡泡形狀主宰空氣移動方向。當長度超過 8cm，空氣便轉向，由長直泡泡流向短凹，顯示長度對壓力的影響超過形狀。

實驗 C-5「左直右凹」中，當兩泡泡長度差 < 6cm，短凹與長直泡泡內的壓力相抗衡，空氣不會流動。當長度超過 6cm，長度對壓力的影響超過形狀，空氣便由長泡泡流向短凹。



空氣由右到左流動
以負值表示；空氣
由左流到右以正值
表示。
X軸為不同長度
Y軸則為反應時間

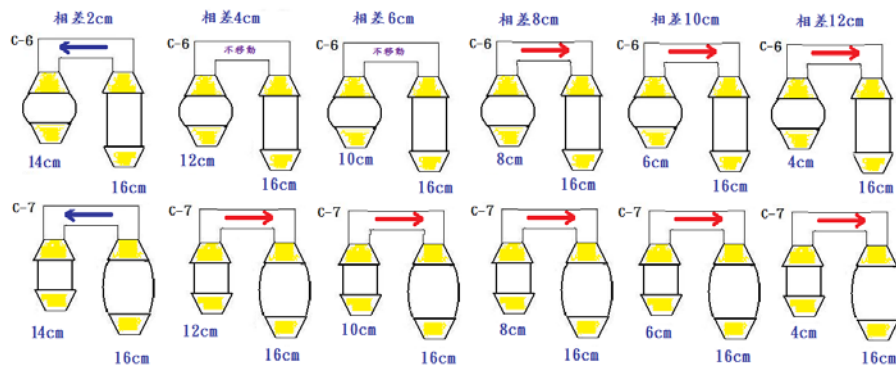


(3) 當兩側一凸一直，長度差越大，影響越顯著

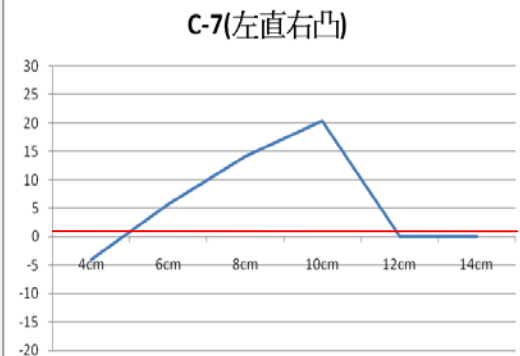
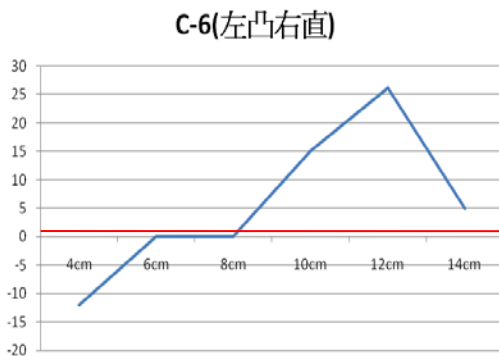
由預設實驗，我們已知直泡泡內部壓力 > 凸泡泡，且直泡泡壓力會隨著長度增加而上升；凸泡泡壓力會隨著長度增加而下降。

實驗 C-6 「左凸右直」中，當兩泡泡長度差為 2cm，形狀對壓力的影響較大。當長度差為 6~8cm，兩邊壓力差相等，空氣不流動；當長度 ≥ 8 cm，此時長直泡泡受長度影響，壓力變小，故空氣由短凸移向長直泡泡。

實驗 C-7 「左直右凸」中，短直泡泡無論在形狀或長度，壓力皆大於長凸泡泡，因此無論在何長度，空氣皆由短直移向長凸泡泡。



空氣由右到左流動
以負值表示；空氣
由左流到右以正值
表示。
X軸為不同長度
Y軸則為反應時間

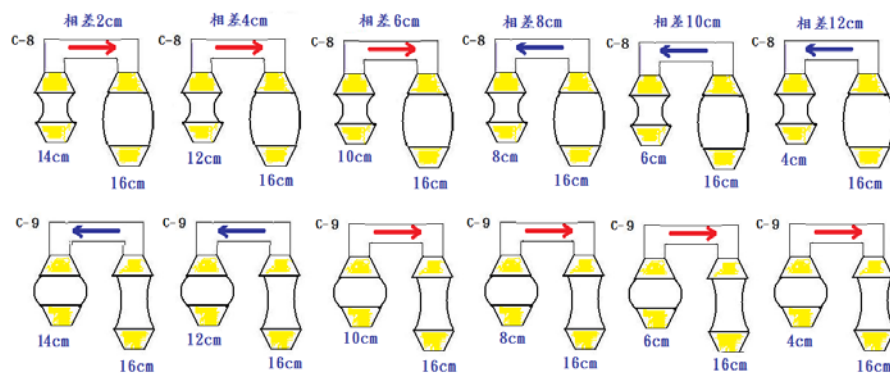


(4) 當兩側一凹一凸，長度差越大，影響越顯著

由實驗 A-6，我們已知當長度 $\leq 8\text{cm}$ ，空氣由凸泡泡移向凹泡泡；但當長度 $> 8\text{cm}$ ，此時空氣會由凹泡泡移向凸泡泡。

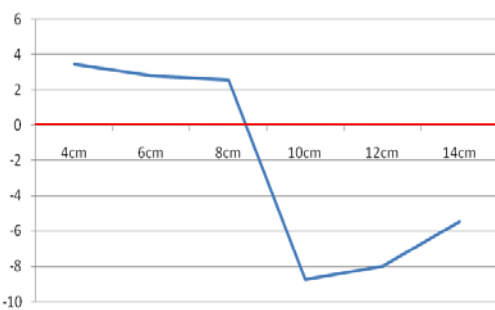
實驗 C-8 中，當兩泡泡長度差 $\leq 6\text{cm}$ ，此時兩泡泡長度接近，短凹泡泡壓力大，長凸泡泡壓力小，空氣由短凹移向長凸。但當長度差 $> 6\text{cm}$ ，此時凹泡泡變短，壓力下降，故空氣反向。

而實驗 C-9 中，當兩泡泡長度差 $< 6\text{cm}$ ，凸泡泡長度大，內部壓力小，空氣由長凹流向短凸；當兩泡泡長度差 $\geq 6\text{cm}$ ，凸泡泡長度變小，此時內部壓力大於長凹，故空氣由短凸流向長凹。

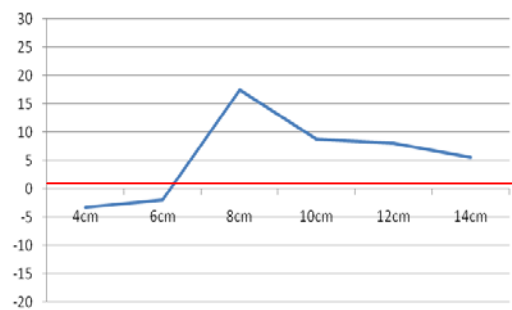


空氣由右到左流動
以負值表示；空氣
由左流到右以正值
表示。
X軸為不同長度
Y軸則為反應時間

C-8(左凹右凸)



C-9(左凸右凹)



柒、結論

一、傳統氣球內部氣體量值固定時：

唯有在大氣球氣體灌至極至且大小氣球存在特定壓力差時，氣體才會自由流動。除此之外，若我們以手擠壓兩側大小氣球，小氣球空氣較容易往大氣球移動，因此我們可由實驗結果得知小氣球內部之壓力比大氣球大。

二、長條氣球長度固定時：

氣體會由長氣球移動至短氣球。且長氣球內氣體移至短氣球時，長度不變，但氣球會由粗變細，或是在接近接口 5~8cm 處產生凹陷。此結果顯示長形氣球在不同位置所受壓力大致接近，但並非完全相同。

三、當長度增加，凸泡泡壓力會隨長度減少，凹泡泡與直泡泡會隨長度增加。當長度極低時，泡泡內部壓力凸 > 凹 > 直；當長度升高至一定值後，泡泡內部壓力才轉為凹 > 直 > 凸。

四、在同長度，同杯口口徑時：

當兩側泡泡寬度 $\leq$ 杯口口徑時，泡泡越凹，壓力越大。若遇到凸泡泡，當泡泡長度較低，此時凸泡泡壓力較大，空氣由凸泡泡流向凹泡泡或直泡泡。但當長度升高，凹泡泡或直泡泡壓力漸增，凸泡泡壓力漸減，因此空氣反向，由凹泡泡或直泡泡流向凸泡泡。我們也發現泡泡反向之長度與所使用杯子的口徑有關。當我們使用的杯子口徑越小，則反向的長度也越低。

五、在同長度，不同杯口口徑時：

小杯泡泡空氣往大杯泡泡移動的狀況佔多數。小杯空氣流向大杯的程度，取決於大杯泡泡的最大半徑。雖然兩側泡泡內空氣多半是由小杯側流向大杯側，但實際決定空氣流動與否的，其實是大杯泡泡的最大半徑。當大杯泡泡的半徑大於最大半徑，空氣會由大杯側流向小杯側；當大杯泡泡的半徑小於最大半徑，空氣會由小杯側流向大杯側。

六、在不同長度，同杯口口徑時：

當兩側一凹一直，凹泡泡在任何長度下之壓力皆大於直泡泡。若凸泡泡與凹或直泡泡混合出現時，當凸泡泡短，凹/直泡泡長時，空氣由凸泡泡移向凹/直泡泡；當凸泡泡長，凹/直泡泡短時，空氣由凹/直泡泡移向凸泡泡。而長度變化位置視所使用杯子口徑而定。

捌、參考資料

傅宗玫、陳正平。(2001) 冒泡的美。科學發展月刊，第29卷，第11期。2001年8月23日。

謝迺岳。孔雀雄風－氣球的趣味科學。

薛宇捷、呂俊漢、陳健安、陳勝崎(2004)。管狀泡膜之研究。第四十六屆中小學科學展覽會作品說明書。

郭彥伶、陳彥秀。泡泡特性之探討。北市立第一女子高級中學校內科展作品說明書。

如法「泡」製－「水活塞」與「膜力瓶」的神奇妙用。第39屆中小學科學展覽會。

【評語】 030112

本作品以氣球及肥皂泡為題材，探討不同大小氣泡間空氣相互流動的現象，有很不錯的想法，惟據分析上可稍再作加強。