

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

081523

看我「發功」!---氣體推動瓶蓋的探討

學校名稱：臺北市大安區建安國民小學

作者： 小五 宋昀達 小五 岳芳達	指導老師： 黃雅姝 彭定國
-----------------------------	-------------------------

關鍵詞： 瓶蓋、氣體熱脹冷縮、溫度

看我「發功」！---氣體推動瓶蓋的探討

摘要：

想要瞭解利用手溫加熱瓶內空氣，有哪些方法可以讓瓶蓋跳動的情形較好？經過一連串的條件控制，我們發現：瓶蓋上要沾濕、與瓶口間不能有空隙，當瓶內空氣熱脹後就能使瓶蓋出現跳動情形；不僅如此，我們還發現空氣是很容易就能熱脹的，一個容量 600 毫升的空保特瓶被加熱後可推動將近 33 公克的物品(50 元硬幣是 9.9 克)，而且單純用手溫（正常體溫）就能輕易使瓶子內的空氣熱脹而讓瓶蓋在瓶子上面跳動，操作時手握住的部位以瓶身中間為佳；在瓶子方面，大容量的瓶子，會使手無法完全握住瓶身，而小容量的瓶子則因為空氣量較少，效果皆不好；瓶子內部空氣多少和瓶內空氣溫度的高低都會影響瓶蓋跳動的次數。

壹、實驗動機：

這學期的自然課「熱對物質的影響」單元中，老師展示了用手握著瓶子，在不壓瓶子的情形下瓶蓋會自動跳動。當場我們都驚呼連連，是什麼「神功」讓瓶蓋可以自動跳動？老師說那是空氣的作用，不過我們按照老師的方法進行操作後，有人瓶蓋根本跳不起來，有的雖然可以跳動不過卻需要好久的時間，這許多不同的情況激起了我們再進一步研究的衝動，我們想要瞭解瓶蓋跳動的主要原因及可以在最短時間讓瓶蓋跳動的方法，希望可以提供同學操作時的參考，並瞭解空氣的神功到底有多厲害？

貳、研究目的：

實驗的設計是從「手握瓶子的部位」、「瓶子乾與濕」、「瓶內空氣」等三個大方向著手，我們利用了老師上課教的概念畫圖法將想法畫出來（如下圖 1）；觀察瓶蓋跳動第一次所需要的時間及在固定時間內可以跳動幾次，找出讓瓶蓋跳動的最佳條件；並瞭解保特瓶中的空氣可以推動多重的瓶蓋。

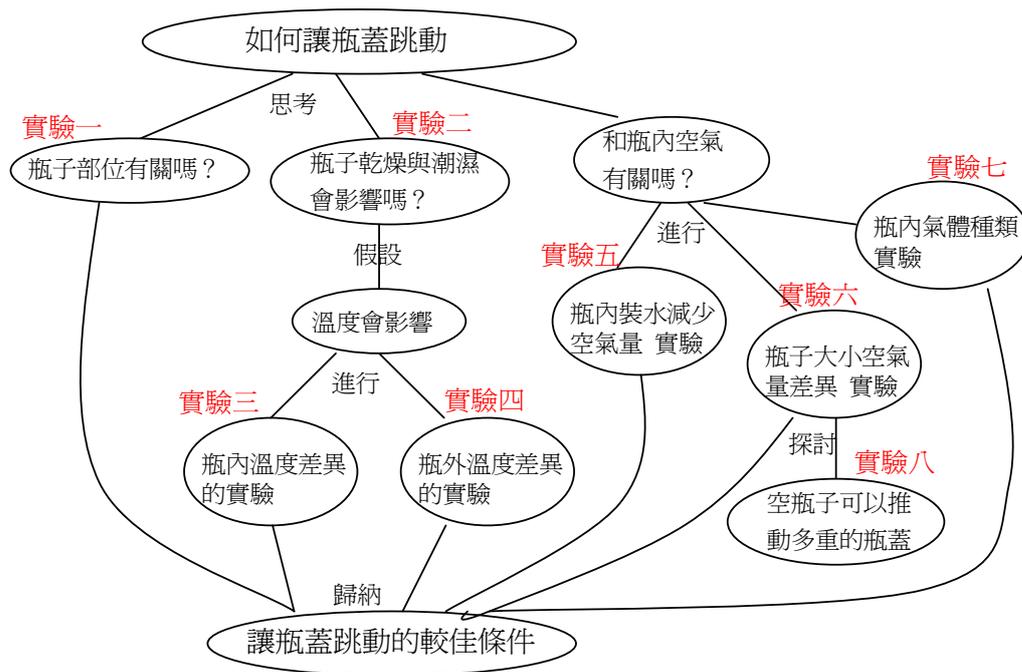


圖 1：研究設計概念圖

研究目的如下：

- 一、瞭解手握乾燥瓶子的部位和瓶蓋跳動的關係。
- 二、瞭解瓶子乾燥或潮濕與瓶蓋跳動的關係。
- 三、瞭解乾燥瓶內溫度與瓶蓋跳動的關係。
- 四、乾燥保特瓶的瓶外使用不同溫度物品與瓶蓋跳動的關係。
- 五、瞭解瓶內加水後空氣多少與瓶蓋跳動的關係。
- 六、瞭解乾燥的瓶子大小與瓶蓋跳動的關係。
- 七、瞭解瓶內氣體種類與瓶蓋跳動的關係。
- 八、瞭解空的保特瓶可以推動多重的物品。

參、研究設備和器材

不同容量的保特瓶（350ml、600ml、800ml、2000ml）、氣溫計、電子秤、瓶蓋、碼錶、實驗用溫度計、迷你形溫度計、砝碼、食用醋、小蘇打粉、二氧化錳、雙氧水、水盆、橡皮管、錐形瓶、相機

肆、研究過程和方法

◎參考文獻：（自然與生活科技牛頓版五下課本 41 頁）空的保特瓶的瓶口放著沾了水的瓶蓋，手輕輕握在保特瓶的瓶身，即可觀察到瓶蓋會出現跳動情形。

◎ 研究方法：準備同廠牌、同容量，空的保特瓶數個，瓶蓋利用噴霧器噴少許水後倒放在瓶口上，手輕輕握在瓶身，利用手溫加熱瓶子（如圖 2），觀察瓶內空氣可否因為手的溫度產生膨脹而推動瓶蓋。每次實驗都更換保特瓶，以便保持瓶內空氣的條件一致性，並重複實驗數次，實驗前後都用溫度計放在保特瓶中間部位測量保特瓶內的溫度。



圖 2：基本實驗操作

◎瓶蓋跳動情形：最快出現第一次跳動，一分鐘之內跳動最多次，我們就定義為跳動情形較好。

◎研究操作的確定性：如果用手擠壓瓶身時，一樣會使瓶蓋跳動，不過握住瓶身的手會微動，瓶身會凹陷，且瓶蓋跳動的力道也不一致；如果輕輕用手握住瓶身不擠壓瓶子，瓶身不動且不會有凹陷現象，雙手穩定，瓶蓋跳動情形也一致。利用此 2 種現象的差異性來確定研究操作完全來自於雙手給的溫度而非手的擠壓。在此條件下，我們著手進行了以下的研究。

一、瞭解手握乾燥瓶子的部位和瓶蓋跳動的關係。

- (一) 如研究方法進行操作。保特瓶容量 600ml,高度 21 公分。
- (二) 在瓶身上畫分成 3 等分，分別註記 A、B、C。(如圖 3)
- (三) 手輕握在瓶身 (A、B、C 不同部位分別操作實驗)，同時按下碼表，觀察紀錄瓶蓋跳動第一次所需的時間及一分鐘之內總共跳動的次數。
- (四) 每次實驗完後要換另一個相同的瓶子進行實驗，實驗數次後計算平均。不同部位各分別進行，並記錄。



圖 3：瓶子標記成三等分

二、瞭解瓶子乾燥或潮濕與瓶蓋跳動的關係。

- (一) 如研究方法進行操作，手輕握在保特瓶的中間位置。使用的保特瓶容量為 600ml。
- (二) 潮濕的保特瓶是以 2ml 的水滴入乾的保特瓶中，搖晃保特瓶使瓶內充滿小水滴，(如圖 4) 準備數個進行實驗。
- (三) 分別使用乾燥的保特瓶和潮濕的保特瓶進行實驗和實驗記錄。



圖 4：用滴管滴水入保特瓶中，製造濕的保特瓶

三、瞭解乾燥瓶內溫度與瓶蓋跳動的關係。

我們要知道乾燥瓶內溫度的差異會不會影響瓶蓋跳動？所以我們使用三種方式來控制乾燥瓶內的溫度。第一種是「利用吹風機在瓶內吹熱風 2 分鐘」(如圖 5)、第二種是「將瓶子鎖上瓶蓋放在冷凍庫 2 小時」(如圖 6)、第三種是「將瓶子打開放在冷凍庫 2 小時」(如圖 7)

- (一) 如研究方法進行操作，手輕握在保特瓶的中間位置。
- (二) 將瓶內溫度不同的保特瓶逐一實驗，並同上的實驗觀察記錄方式。



圖 5：利用吹風機在瓶內吹熱風



圖 6：瓶口打開冰在冷凍庫的保特瓶保特瓶中放置迷你形溫度計



圖 7：瓶口關著冰在冷凍庫的保特瓶，保特瓶中放置迷你形溫度計

四、乾燥保特瓶的瓶外使用不同溫度物品與瓶蓋跳動的關係。

(一) 使用暖暖包代替研究方法中的手溫條件，暖暖包放置在保特瓶的中間位置。

(如圖 8)

(二) 依照研究方法，使用不同溫度的暖暖包進行實驗。(如圖 9)



圖 8：暖暖包與手握的位置對照圖



圖 9：利用暖暖包進行實驗

五、瞭解瓶內加水後空氣多少與瓶蓋跳動的關係。

- (一) 如研究方法進行操作，手輕握在保特瓶的中間。保特瓶分別為空瓶、裝一半的水量及裝滿水。(如圖 10)
- (二) 裝一半水的保特瓶代表瓶中有一半的空氣量，裝滿水在此實驗是代表空氣量較少。
- (三) 針對不同空氣量的保特瓶分別進行實驗，並記錄。



圖 10: 水量不同的保特瓶

六、瞭解乾燥的瓶子大小與瓶蓋跳動的關係。

- (一) 此實驗為延續探討瓶內空氣量多少的實驗。
- (二) 如研究方法進行操作，手輕握在保特瓶的中間。保特瓶容量為 2000ml、800ml、600ml、350ml。(如圖 11)
- (三) 每次實驗完後要換另一個瓶子進行實驗，實驗數次後計算平均。不同容量分別進行，並記錄。



圖 11: 不同容量保特瓶

七、瞭解瓶內氣體種類與瓶蓋跳動的關係。

- (一) 參考國小六上半頓版課本，利用排水集氣法收集食用醋和小蘇打粉反應產生的二氧化碳氣體到保特瓶中，(如圖 12) 每做一次實驗收集一次，重複數次。
- (二) 將收集完成的保特瓶如上的研究方法，手輕握在保特瓶的中間進行實驗操作，並記錄。
- (三) 再利用排水集氣法收集二氧化錳和雙氧水反應產生的氧氣到保特瓶中，每做一次實驗收集一次，重複數次。(如圖 12)
- (四) 將收集完成的保特瓶依照如上的研究方法進行實驗操作，並記錄。



二氧化碳收集方法



氧氣收集方法

圖 12：使用排水集氣法收集氣體

八、瞭解空的保特瓶可以推動多重的物品。

- (一) 取同廠牌的 600ml、同廠牌的 2000ml 的保特瓶數個。
- (二) 取不同重量的砝碼放在瓶蓋上，利用電子秤進行秤重。(如圖 13)
- (三) 將放了砝碼的瓶蓋放在保特瓶的瓶口上，如上的研究方法進行實驗，手輕握在保特瓶的中間，紀錄瓶蓋第一次跳動的時間。
- (四) 瓶蓋跳動後即在瓶蓋上再增加砝碼，一直到一分鐘之內瓶蓋都無法跳動為止，為實驗結束。
- (五) 600ml、2000ml 的保特瓶分別進行實驗和記錄比較。



圖 13：利用電子秤秤量瓶蓋重量

伍、研究結果：

一、瞭解手握乾燥瓶子的部位和瓶蓋跳動的關係。

操作變因：握保特瓶的位置

控制變因：保特瓶、瓶內保持乾燥、瓶蓋、室溫、手溫（同一人）

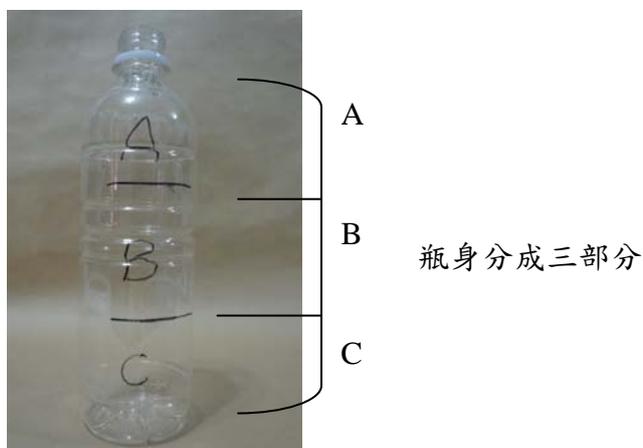
室溫：19.5°C

實驗次數 位置	第一次瓶蓋跳的時間（秒）				1 分鐘內瓶蓋跳動次數（次）				效果排序
	一	二	三	平均	一	二	三	平均	
A	2.56	3.13	5.79	3.83	9	9	6	8	2
B	1.19	1.43	1.28	1.3	13	10	12	12	1
C	2.43	2.56	2.39	2.46	7	5	6	6	3

實驗前後溫度比較（°C）						
實驗次數 部位		一	二	三	平均上升°C	溫度上升排序
		A	前	19.5°C		
	後	19.9°C	20.1°C	20°C		
B	前	20.1°C	20.1°C	19.9°C	0.7°C	1
	後	20.7°C	20.9°C	20.7°C		
C	前	19.9°C	19.9°C	20°C	0.1°C	3
	後	20°C	20°C	20.1°C		

（一）實驗發現：

1. 手輕握在中間 **B** 處，瓶蓋跳動情形較好。
2. 不管握哪個位置，瓶蓋跳動情形會從剛開始跳很快，然後會逐漸變慢、變少。
3. 瓶蓋跳動次數較多，瓶內溫度變化也會比較大。



二、瞭解瓶子乾燥或潮濕與瓶蓋跳動的關係。

操作變因：保特瓶的乾濕程度

控制變因：保特瓶、瓶蓋、室溫、手溫（同一人）、手握的位置

室溫：19.5°C

實驗次數 瓶子	第一次瓶蓋跳的時間（秒）				1 分鐘內瓶蓋跳動次數（次）				效果排序
	一	二	三	平均	一	二	三	平均	
乾燥	1.38	1.20	1.26	1.28	12	14	12	13	2
潮濕	0.96	1.11	1.03	1.03	17	16	17	17	1

實驗前後溫度比較（°C）					
實驗次數 瓶子	一	二	三	平均上升°C	溫度上升排序
	乾燥	前 19.4°C	19.7°C		
後	20°C	20.2°C	20°C		
潮濕	前 19°C	19°C	19°C	1.1°C	1
後	20°C	20.1°C	20.1°C		

（一）實驗發現：

1. 潮濕的瓶子瓶蓋跳動次數較多，也比較快出現跳動情形。
2. 實驗前後溫度都有上升情形，潮濕的瓶子溫度變化稍大。



圖 14：乾燥與潮濕的保特瓶

三、瞭解瓶內溫度與瓶蓋跳動的關係。

操作變因：瓶內溫度

控制變因：手握保特瓶的位置、保特瓶、瓶蓋、室溫、手溫（同一人）

室溫：19 °C

瓶子 條件	實驗次數	第一次瓶蓋跳的時間（秒）				1 分鐘內瓶蓋跳動次數（次）				效果排序
		一	二	三	平均	一	二	三	平均	
吹熱風										4
冰冷 凍庫	瓶口打開	0	0	0	0	60	52	49	54	1
	瓶口關著	0.23	0.19	0.35	0.26	34	40	33	36	2
室溫下		0.95	1.21	1.17	1.11	13	14	11	12	3

實驗前後溫度比較（°C）							
瓶子 條件	實驗次數	一	二	三	平均°C	溫度上升排序	
		吹熱風	前	34°C	35°C		36°C
	後	27°C	25°C	26°C			
冰冷 凍庫	瓶口打開	前	-20°C	-20°C	-20°C	上升 39.1°C	1
		後	19°C	19.2°C	19°C		
	瓶口關著	前	-15°C	-15°C	-15°C	上升 34.7°C	2
		後	19.4°C	20°C	19.8°C		
室溫下	前	19°C	19.2°C	19°C	上升 0.76°C	3	
	後	19.7°C	20°C	19.8°C			



圖 15：瓶蓋吸起了瓶子

（一）實驗發現：

- 吹過熱風的保特瓶無法使瓶蓋跳動，而且手握瓶身時感覺很燙，手溫比瓶中的空氣溫度低，不能將瓶中的空氣加熱，反而會吸走瓶中的熱度，所以無法見到空氣推動瓶蓋的現象，而且實驗後，瓶蓋可以將瓶身吸起，約有 1 分鐘之久。（如圖 15）
- 冷凍過的瓶子，一放上瓶蓋時，手未碰及瓶身，瓶口上的瓶蓋就會出現跳動現象了，瓶口關著冷凍的瓶子幾乎無法測量到秒數，瓶蓋跳動的次數也是最多的。
- 瓶內溫度低於室溫者，實驗後溫度都會上升到接近室溫，瓶內溫度高於室溫者，實驗後會下降至接近室溫。
- 跳動次數多到少依序為：
瓶口開著冷凍（平均 54 次/1 分鐘）> 瓶口關著冷凍（平均 36 次/1 分鐘）> 室溫下（平均 12 次/1 分鐘）

四、使用不同溫度物品與瓶蓋跳動的關係。

操作變因：握在瓶外的物品溫度

控制變因：握保持瓶的位置、保持瓶、瓶蓋、室溫

室溫：21 °C

實驗次數 握在瓶外的物品溫度	第一次瓶蓋跳的時間 (秒)				1分鐘內瓶蓋跳動次數(次)				效果排序
	一	二	三	平均	一	二	三	平均	
手溫 33°C	1.12	1.04	1.19	1.12	12	13	11	12	3
暖暖包 40°C	1	0.97	1.13	1.03	13	13	12	13	2
暖暖包 55°C	1.09	0.86	0.77	0.91	16	18	20	18	1

實驗前後溫度比較 (°C)						
實驗次數 握在瓶外的物品溫度		一	二	三	平均上升°C	溫度上升排序
		手溫 33°C	前	20.8°C	21°C	
後	21.3°C	21.7°C	21.6°C			
暖暖包 40°C	前	21°C	21.2°C	21°C	1.2°C	2
後	21.8°C	22°C	22°C			
暖暖包 55°C	前	21°C	21°C	21°C	3.4°C	1
後	25.8°C	23.6°C	23.8°C			

(一) 實驗發現：

1. 握住瓶子的溫度愈高，瓶蓋愈快跳動，且跳動次數也會較多。
2. 跳動次數愈多，實驗後的瓶內溫度會較高。
3. 握瓶子的溫度與瓶內溫度相差愈大，瓶蓋愈容易跳動。



圖 16：測量暖暖包溫度

五、瞭解瓶內加水後空氣多少與瓶蓋跳動的關係。

操作變因：瓶內空氣量的多少（滿水代表空氣少）

控制變因：手握保特瓶的位置、保特瓶、瓶蓋、室溫、手溫（同一人）

室溫：19.5 °C

實驗次數 瓶子 空氣量	第一次瓶蓋跳的時間（秒）				1 分鐘內瓶蓋跳動次數（次）				效果排序
	一	二	三	平均	一	二	三	平均	
整瓶空氣	1.07	0.97	1.12	1.05	14	15	13	14	2
一半水 一半空氣	0.78	0.59	0.67	0.68	18	20	19	19	1
滿水	5.27	4.74	8.21	6.07					3

註：滿水時，是以瓶蓋滑動時為第一次瓶蓋跳動時間；

實驗前後溫度比較（°C）						溫度上升排序
實驗次數 瓶子 空氣量	一	二	三	平均上升°C	溫度上升排序	
	整瓶 空氣	前	19.5°C	19.5°C		19.5°C
後		20.1°C	20.2°C	20°C		
一半水 一半空 氣	前	19°C	19°C	19°C	1°C	1
	後	20°C	19.9°C	20°C		
滿水	前	15°C	15°C	15°C	0.3°C	3
	後	15.3°C	15.5°C	15.1°C		



圖 17：手握裝一半水的保特瓶

（一）實驗發現：

1. 空氣量不同，瓶蓋跳動時所發出的聲音也不同；空氣量一半時，瓶蓋聲音較小聲，瓶蓋打開的幅度較小；空瓶時，瓶蓋發出的聲音較大聲，瓶蓋每一次打開的幅度也比較大。
2. 滿水的保特瓶，瓶蓋沒有跳起來，但瓶蓋會出現滑動現象，且水滴會流出來，實驗後瓶中的水會比較少些。
3. 裝一半水的保特瓶（空氣量一半），瓶蓋跳動間隔相當平均，跳動次數比空瓶子的多。

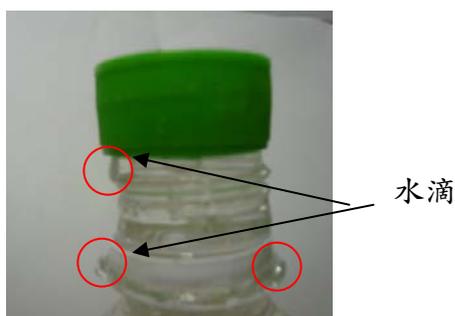


圖 18：滿水時溢出水滴

六、瞭解乾燥的瓶子大小與瓶蓋跳動的關係。

操作變因：保特瓶的容量大小

控制變因：瓶口的大小、瓶蓋、室溫、手溫（同一人）、手握的位置

室溫：19°C

實驗次數 瓶子 容量	第一次瓶蓋跳的時間（秒）				1 分鐘內瓶蓋跳動次數（次）				效果排序
	一	二	三	平均	一	二	三	平均	
350ml	1.43	1.59	1.81	1.61	7	6	6	6	4
600ml	1.18	0.96	1.13	1.09	14	15	14	14	2
800ml	0.97	1.05	0.93	0.98	15	15	16	15	1
2000ml	3.23	3.27	2.38	2.96	7	6	7	7	3

實驗前後溫度比較（°C）						
實驗次數 瓶子 容量		一	二	三	平均上升°C	溫度上升排序
		350 ml	前	19.1°C		
	後	20°C	20°C	20°C		
600 ml	前	19.3°C	19.6°C	19°C	0.73°C	3
	後	20.1°C	20.3°C	19.7°C		
800 ml	前	19.3°C	19°C	19.1°C	0.86°C	2
	後	20°C	20°C	20°C		
2000 ml	前	19°C	19.2°C	19°C	0.46°C	4
	後	19.6°C	19.6°C	19.4°C		



圖 19：手握 2000ml 保特瓶

（一）實驗發現：

1. 手無法完成握住容量大的瓶子（圖 19）所以手溫無法充分加熱瓶內空氣。
2. 瓶子容量愈大，瓶蓋的跳動幅度會很大，聲音也很大聲。
3. 相同實驗時間後，瓶子容量愈大，瓶內的溫度變化愈少。
4. 使用 800ml 和 600ml 的瓶子效果較好。
5. 350ml 因為被手包覆的面積較多（如下表），實驗後溫度升高也較多，但是因為瓶子較小，空氣量少，跳動次數沒有比較多。

手握不同容量的瓶子 比較分析 表 (手的表面積為 105 格)				
保特瓶	350ml	600ml	800ml	2000ml
瓶子表面積 (格)	295	444	537	985
手/瓶子比例	約 1/3	約 1/4	約 1/5	約 1/9
手握瓶子圖				



圖 20：2000ml 瓶蓋跳動程度很大



圖 21：800ml 瓶蓋跳動情形

七、瞭解瓶內氣體種類與瓶蓋跳動的關係。

操作變因：瓶內氣體種類

控制變因：手握保特瓶的位置、保特瓶、瓶蓋、室溫、手溫（同一人）

室溫：22 °C

實驗次數 瓶子的 氣體	第一次瓶蓋跳的時間（秒）				1分鐘內瓶蓋跳動次數（次）				效果排序
	一	二	三	平均	一	二	三	平均	
二氧化碳	2	1.43	1.53	1.65	15	15	18	16	2
氧氣	1	0.95	0.78	0.91	21	21	26	23	1
空氣	1.18	0.97	1.22	1.12	11	13	11	12	3

實驗前後溫度比較（°C）						
實驗次數 瓶內 氣體		一	二	三	平均上升°C	溫度上升排序
		二氧化碳	前	21.5°C		
	後	22°C	22°C	22°C		
氧氣	前	21.5°C	21.7°C	22°C	1.1°C	1
	後	22.5°C	23°C	23°C		
空氣	前	22°C	22°C	22°C	0.5°C	2
	後	22.5°C	22.6°C	22.5°C		



圖 22：氧氣收集



圖 23：二氧化碳收集

（一）實驗發現：

1. 氣體收集時，**剛開始冒出來的泡泡有可能是原本錐形瓶中的空氣**，所以**不能收集**，要等待幾秒後才能收集。
2. 瓶內裝入氧氣後，可以使瓶蓋跳動較多次數，實驗後的溫度也較高些。
3. 瓶內**裝入二氧化碳後瓶蓋跳動情形和空氣的結果差不多**。
4. 利用二氧化錳和雙氧水反應產生氧氣時，發現錐形瓶摸起來溫溫的。

八、空的保特瓶可以推動多重的物品

操作變因：瓶蓋上放物品後的總重量

控制變因：手握保特瓶的位置、保特瓶、瓶蓋、室溫、手溫（同一人）

室溫：19 °C

瓶蓋總重 \ 瓶子容量 秒數	3.6 克	4.6 克	6.6 克	8.6 克	10.6 克	12.6 克	14.6 克	16.6 克	18.6 克	20.6 克	22.6 克	24.6 克
600 ml	1.37	2	2.97	4	4.40	6.50	7.97	8.57	9.17	10.46	11.50	12.06
2000 ml	2.53	3.87	4.23	5.23	5.81	7.09	10.21	12.23	13.17	14	16.28	23.5

瓶蓋總重 \ 瓶子容量 秒數	26.6 克	28.6 克	30.6 克	32.6 克	34.6 克	36.6 克	38.6 克
600 ml	14.96	17.8	23	25.2			
2000 ml	27.6	29.09	37.2	42.19	45.1	52.36	



圖 24：瓶蓋上放不同重量的法碼，觀察瓶蓋跳動情形

(一) 實驗發現：

1. 相同重量的瓶蓋，容量較大的保特瓶會需要較多的時間才能將瓶蓋推動，不過容量較大卻可以推動較重的瓶蓋。
2. 瓶蓋愈重，瓶蓋跳動情形會愈不明顯，打開的縫隙會較小。

陸、討論：

- 一、實驗用的瓶蓋一定要平整不能有任何凹凸紋路，如此才能確保瓶內空氣推動瓶蓋跳動。
- 二、實驗時瓶蓋要先沾水，是爲了使瓶口和瓶蓋能充分密合，達到瓶蓋跳動的目的，但是有時因爲水膜太多瓶口會吹起一個大水泡，影響實驗，所以我們採用噴水器在固定高度處對著瓶蓋噴水兩次來控制瓶蓋水膜的量（如圖 25）。



圖 25：在相同高度處對瓶蓋上噴水

- 三、實驗後瓶內的溫度都會比實驗前要稍微高一些些，可以知道手的溫度可以透過瓶子傳給瓶內的空氣，然後讓瓶內的空氣達到熱脹效果，就好像我們用肥皂水吹泡泡一樣，我們吹出來的氣的溫度比空氣稍微高了些，肥皂泡就會比較輕，飄上去。
- 四、相同室溫下，潮濕的保特瓶瓶內溫度會比乾燥的溫度低，我們推測可能是水滴在蒸散過程中使瓶內空氣溫度下降，相對使手溫和瓶內空氣溫差較大，所以容易使瓶蓋跳動，空氣中水分少就和我們家中使用除濕機的房間會比較溫暖一樣。
- 五、瓶內溫度高的保特瓶無法利用手溫使瓶蓋跳動，手溫比瓶中的空氣溫度低，不能將瓶中的空氣加熱，反而會吸走瓶中的熱度，所以無法見到空氣推動瓶蓋的現象。
- 六、實驗後常可見到瓶蓋吸住保特瓶的現象，拿起瓶蓋會有小聲的「啵」聲音，不過不能將瓶子吸起。我們認爲是瓶內的空氣因爲熱脹出瓶子，所以瓶內空氣較少，外面的大氣就相對比瓶內的壓力大造成的現象。進一步查資料的結果知道地球上每一平方公分就會有約 1 公斤的大氣壓力壓住，不過因爲瓶子內部只是空氣較少並不是完全沒有空氣，加上瓶子本身也有約 22.7 公克的重量，所以只能在拿起瓶蓋那一瞬間有吸住感覺，瓶蓋和瓶子仍是分開的。不過當瓶內空氣溫度高於瓶外空氣時，手溫比瓶內溫度低，瓶內的溫度相對形成冷縮的狀態，所以瓶內空間變大，也形成了瓶內壓力較小的現象，瓶蓋不但吸住瓶子，還可以將瓶子吸起（如頁 10，圖 15）。
- 七、我們原本以爲空氣多瓶蓋跳動次數應該會比較多，所以設計了裝滿水、裝一半水及空瓶子的實驗，不過在一分鐘內，裝了水的保特瓶跳動次數並沒有少於空瓶的跳動次數，我們推測可能是裝了水以後，溫度降低了些，而且手握的部位仍有空氣，所以仍可以使空氣熱脹而推動瓶蓋；如果延長實驗的時間，實驗結果會不一樣嗎？爲了驗證，我

們進一步做了實驗瞭解（如下表結果）。

實驗時間 瓶子中 的空氣量	瓶蓋平均跳動次數		
	1 分鐘	2 分鐘	3 分鐘
一半水 一半空氣	17 次	23 次	25 次
空瓶子	14 次	18 次	21 次

3 分鐘後跳動的次數仍然是裝了水的瓶子跳動次數多，觀察後我們認為除了水造成的溫度不同外，每次瓶蓋打開的幅度可能也是一大因素，空瓶子的瓶蓋每次打開幅度都比較大，是不是造成空氣跑掉的量比較多？而裝一半水的瓶子每一次瓶蓋打開的幅度都較小，所以跑掉的空氣量比較少，因此持續一段時間後，雖然瓶蓋跳動的次數都是愈來愈少，但是空瓶子的瓶蓋跳動次數仍然比裝了一半水的瓶蓋跳動次數少。

八、利用大小瓶子進行實驗時，在瓶子瓶身形狀及瓶口一樣大的條件下，350ml 的瓶子一直無法尋找到圓形瓶身形狀，所以採用了瓶口大小相同，但是方形的瓶子進行實驗，這是我們這次實驗時條件無法完全控制需要改進之處。

九、冰在冷凍庫的瓶子，當瓶蓋關著且冰了一段時間，發現瓶身有凹陷的現象（如圖 26），我們推測和氣體的熱脹冷縮有關；被關在瓶子內的空氣遇冷收縮體積變小了，所以瓶子就被壓扁了一些，不過當一打開瓶蓋，瓶子就又復原了，從這現象我們看見了氣體可被壓縮的性質。



圖 26：凹陷的瓶身

十、瓶子和手握的面積比例是利用薄紙張分別包住瓶子和描下手的形狀後，裁剪下相當的大小，然後放在格子板上計算格子數（如圖 27、圖 28），如此計算出手和瓶子表面積及比例。



圖 27：瓶子表面積的計算



圖 28：手的面積計算

柒、結論

- 一、手握住的部位位置愈高，距離瓶口愈近，熱脹的空氣量較少，推動瓶蓋的次數較少；手握住的部位位置愈低，熱脹的空氣需要往上直至瓶口，所以第一次使瓶蓋出現跳動的時間會較久，而在固定時間的條件下，瓶口跳動的次數也未最多。
- 二、瓶內潮濕的保特瓶比乾燥的保特瓶能使瓶蓋跳動效果較好，是因為潮濕的水會使瓶內溫度相對較低，所以瓶蓋跳動次數會較多。
- 三、瓶內外溫度差異較大，瓶蓋跳動情形愈明顯，而且要瓶內溫度低，瓶外空氣溫度高，也就是握在瓶外的溫度要高於瓶子中的溫度才能讓瓶蓋出現跳動現象。
- 四、瓶內空氣溫度如果高於手溫，無法利用手溫加熱瓶內空氣，所以無法使瓶蓋跳動。
- 五、瓶口打開放在冷凍室的瓶子因為瓶子內的空氣可以和冷凍室的冷空氣流通，所以瓶內的溫度很低，可以讓瓶蓋跳動相當密集（如附件的影片）；而瓶蓋關著的瓶子因為冷凍庫內的冷空氣無法進入，短時間之內未能達到相同的低溫，效果沒有開著的好，但是都是比放在室溫下的瓶子效果來的佳。
- 六、實驗後可以發現握在瓶外的溫度愈高，瓶蓋出現第一次跳動的時間就愈短，可以知道溫度愈高，可以使空氣在較短的時間達到熱脹。
- 七、空氣愈多，可以熱脹的空氣也多，所以瓶蓋跳動次數也較多，裝滿水的保特瓶沒有足夠的空氣，所以無法見到瓶蓋跳動現象，不過實驗時可以見到瓶蓋會稍微滑動的情形，而且水有溢出來的現象，所以水也有熱脹情形，實驗後還可以發現原本滿水位的保特瓶，水位變低了。
- 八、瓶子較小，可以熱脹的空氣較少，所以跳動效果不好，瓶子太大，手無法完全握住瓶身，手溫無法完全加熱瓶內空氣，所以效果也不好；使用手能完全握住瓶身的瓶子，瓶蓋跳動情形會較好。
- 九、將瓶內空氣換成氧氣和二氧化碳時，瓶蓋跳動的效果並沒有特別的好，我們先是查了氣體密度的資料，知道空氣的密度為 1.29g/l，氧氣的密度為 1.45g/l，二氧化碳氣的密度為 1.51g/l，又查了氣體熱脹冷縮的資料，發現在條件一樣下，氣體受熱膨脹的情形是一樣的，並沒有特別好或是特別不好，也就是如果上升溫度一樣，所膨脹的體積是相同的，後來我們寫信到黃福坤實驗室詢問（詢問資料如附件），知道其實沒什麼差別，可能是我們利用排水集氣法所收集到的氣體未完全是純氣體，才使實驗結果有些差異。
- 十、空氣產生的力量實在不可小看，600ml 空的乾燥保特瓶可以推動 32.6 克重的物品，2000ml 空的乾燥保特瓶可以推動 36.6 克重的物品；不過 2000ml 的保特瓶在推動瓶蓋上所需要的秒數都比 600ml 多，我們推測是因為保特瓶較大，手無法完全覆蓋住瓶身

(手握面積與瓶子表面積比例為 1:9)，相對的，瓶子有較大的面積暴露在室溫下，一方面瓶內空氣無法完全受熱，一方面有較大的面積散熱，所形成的結果。

十一、實驗後都可以發現溫度有稍微上升現象，可以知道瓶內的空氣受到手溫加熱了。

十二、綜合實驗結果，可以讓瓶蓋跳動的較佳條件如下：

(一) 利用手溫時：

1. 空的保特瓶，瓶身大小為手可以完全掌握住為原則
2. 瓶中微濕
3. 手握在瓶子中間位置
4. 瓶子先放置在冰箱冷藏或冷凍
5. 瓶蓋要完整沒有刻紋
6. 瓶蓋上微濕

(二) 利用其他加熱物品（如暖暖包）：

1. 物品的溫度愈高效果會較好
2. 其餘條件和上相同。

◎後續研究：

我們發現原來看不見、摸不到的空氣力量如此大，在實驗過程中，我們知道了溫度會影響氣體的體積變化，而在查詢資料中，也知道了有個運算公式在說明體積變化和壓力也有關係，就像在實驗中瓶蓋將瓶子吸起來了，還有冷凍庫中變扁的瓶子；不過資料中我們能看懂的有限，期待未來在瞭解了之後可以進一步利用實驗去親眼見到氣體體積和壓力的關係；而氣體的熱脹冷縮情形是在生活中隨處可見的，打乒乓球時不小心踩扁的乒乓球就能利用氣體熱脹的力量恢復原形，一顆乒乓球內的氣體有多大的力量？乒乓球被壓扁的程度和其復原的是否有其相關性？只要乒乓球沒破，一定能利用內部的氣體恢復回原來形狀嗎？相信這將是一個很有趣的問題，期待往後再進一步探討瞭解。

捌、參考資料和其他

- 一、資優生科學百科 6-光學與熱能，初版，台北縣，閣林國際圖書有限公司，頁 255~257，民 93。
- 二、五上自然與生活科技，二版，台北縣，翰林出版社，頁 51，民 96。
- 三、五下自然與生活科技，初版，台北縣，牛頓出版社，頁 41，民 97。
- 四、六上自然與生活科技，初版，台北縣，牛頓出版社，頁 53，民 93。
- 五、黃福坤物理實驗室，民 96 年 12 月 20 日，
取自 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/index.php>
- 六、熱脹冷縮教材，民 97 年 2 月 18 日，
取自 http://pei.cjjh.tc.edu.tw/~pei/nature/heat/heat_8.htm
- 七、查理與給呂薩克，民 97 年 3 月 01 日，取自 <http://web.kmsh.tnc.edu.tw/~c2375/t0108.htm>。

八、大氣壓力，民 97 年 3 月 7 日，取自 <http://www.bud.org.tw/Hu/essay41.htm>。

九、科技與生活—熱，民 97 年 3 月 14 日取自 <http://mail.hlps.tp.edu.tw/~Amie/unit3/3-1.htm>

十、附件：

- (一) 放置在冷凍庫的瓶子使瓶蓋跳動的影片 
- (二) 詢問黃福坤實驗室的資料。

您好課本實驗提到「空氣」的熱脹冷縮現象

<不知道氧氣的熱脹冷縮現象為何？

空氣中的氧氣佔了約 21%，二氧化碳不到 1%

如果是純氧氣，熱脹冷縮的效果如何？和正常空氣比較，

純二氧化碳，熱脹冷縮效果呢？和正常空氣比？

編輯 引言回應 回應 1

黃福坤(研究所)張貼:2008-01-13 12:33:17

一般氣體 如氫氣 氧氣 等物理性質都很接近

你所謂的熱脹冷縮應該都相同 沒有差異

只是氣體根本沒有一定體積 不清楚你想的是 怎樣的脹與縮?

編輯 引言回應 回應 2

匿名者(國小)張貼:2008-01-16 17:24:12

黃老師,我想請教的問題

我想問的是如果我用手輕握在保特瓶瓶身,我在瓶口放置瓶蓋

因為手溫使瓶內空氣熱脹所以可以推動瓶蓋--這是上課老師教的

我想知道如果我在瓶子內全換成氧氣或是二氧化碳,推動瓶蓋的情形也是一樣嗎? 氧氣二氧化碳的熱脹冷縮情形會比空氣明顯嗎
謝謝您

編輯 引言回應 回應 3

黃福坤(研究所)張貼:2008-01-16 21:10:26 關鍵字:溫度:1壓力:1

若是瓶內氣體的莫耳數一樣(或氣體數量一樣) 溫度/體積 /壓力都一樣
手的狀況也都一樣 就沒差別

標題:氣體的熱脹冷縮

表單的頂端

關聯詞:|莫耳|一莫耳

1:匿名者(國小)張貼:2008-05-19 17:29:20 關鍵字:|溫度:1|壓力:1

老師您好

上次我問的問題，謝謝老師的回答

不過上次老師提到的「莫耳數」，我請教別人，還是不太懂？
請教老師，可以請您解釋一下什麼是氣體的莫耳數嗎？

請老師用我可以聽懂的話哦！

上次老師的回答是：「若是瓶內氣體的莫耳數一樣(或氣體數量一樣) 溫度/體積 /壓力都一樣手的狀況也都一樣 就沒差別

謝謝老師！

1

2:黃福坤(研究所)張貼:2008-05-19 18:10:52 關鍵字:|原子:2|分子:2

莫耳是一種單位,

物質由原子組成.

一莫耳的物質都包含相同數量的原子

例如 一莫耳的水(18 公克)的水 有 6.03×10^{23} 個水分子

一莫耳的氧氣(32 公克) 有 6.03×10^{23} 個氧分子

編輯 引言回應 回應

2

3:loge (大學物理系畢業)張貼:2008-05-20 03:05:04 關鍵字:|分子:1

你是國小生？

一打鉛筆 => 12 枝

一打就表示 12 個 是一種計算的單位

而一莫耳 => 6×10^{23} 個

一莫耳氧氣 => 6×10^{23} 個氧分子

一莫耳鉛筆 => 6×10^{23} 枝

2 莫爾鉛筆 => $2 \times (6 \times 10^{23})$ 枝

所以 $2 \times (6 \times 10^{23})$ 枝鉛筆莫耳數就是 2

【評語】 081523

能用網路查資料，尋求支援。

說明認真，演練流暢，希望繼續努力研究，應會有更好的成效。