

如來神掌—你所不知道的大氣壓力

校名：瑞豐國小

指導老師：陳世澎、黃玫瑜、盧寬穎、陳沛君

類別：物理類

一、旨趣（目的）

本活動旨在讓學生了解到圍繞在地球周圍的空氣受到地心引力的作用會產生大氣壓力，空氣雖然看不見摸不著，但透過一系列活動關卡的體驗，讓學生察覺到空氣確實存在，理解它不僅占有空間並且具有重量以及它形成的大氣壓力所產生的神奇力量，就像如來神掌的無邊法力一般，深深地影響到我們生活周遭的一切事物。

二、實驗器材

關卡一：水箱、乒乓球、透明塑膠水杯

關卡二：空心氣球棒、塑膠頭、圓形氣球、棉線

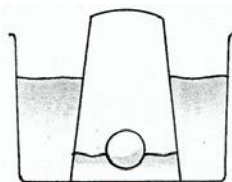
關卡三：膠膜紙片、玻璃或塑膠高腳杯、金魚小玩具

關卡四：馬德堡半球實驗模型、抽氣筒、馬桶吸盤

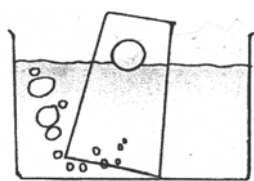
三、活動過程

關卡一：杯中的乒乓球會在哪裡？

1. 將透明塑膠水杯罩住浮在水面的乒乓球，垂直壓入水箱底部，觀察乒乓球會在哪裡？還會浮在水面上嗎？（如圖一）
2. 將水杯傾斜，讓水進入杯中，觀察乒乓球會在哪裡？還會在水箱底部嗎？（如圖二）



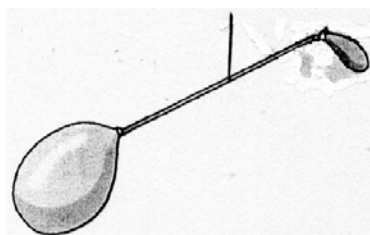
圖一



圖二

關卡二：空氣有重量嗎？幫空氣秤重量

氣球棒兩端各套入一個塑膠頭，中央綁棉線懸吊起來，調整棉線的位置，讓棒子兩端在靜止時保持水平，做成氣球天平。選擇大小材質相同的兩個氣球，將其中一個氣球吹飽（約八分滿），另一個不吹氣，分別套在兩端的塑膠套上，觀察氣球天平兩端的變化情形？氣球天平還會保持平衡嗎？（如圖三）



圖三

關卡三：滴水不漏的紙片？

在高腳杯裡裝滿水後，放入小金魚玩具，將膠膜紙片（防水可重複使用）蓋在高腳杯上，用手壓住後，將杯子上下翻轉過來，一手拿高腳杯，一手托住高腳杯下方的紙片，使紙片緊密貼住高腳杯口，放開托住紙片的手，仔細觀察紙片會掉落嗎？杯中的水會不會流出來呢？（如圖四）



圖 四

關卡四：挑戰大氣壓力？和大氣壓力拔河

1. 由關主操作並講解馬德堡半球實驗模型。取兩個中空的金屬半球，緊密接合之後，利用抽氣筒抽出其中的空氣，學生試著用雙手拉開（或與關主合作互相拉開），會很容易拉開金屬半球嗎？（如圖五）
2. 取馬桶吸盤（浴廁通馬桶用的工具）用力擠壓牆壁後，放開手，馬桶吸盤會如何？會掉到地上嗎？（如圖六）
3. 取兩支馬桶吸盤，互相擠壓讓圓形吸盤互相緊密接合，手握住其中一支上下垂直提起，兩支馬桶吸盤會如何？下方的吸盤會掉落嗎？（如圖七）
4. 取兩支緊密接合的馬桶吸盤，讓學生與關主的手（或學生左右兩手）各握住吸盤一端握把並拉拉看，會很容易拉開嗎？（如圖八）

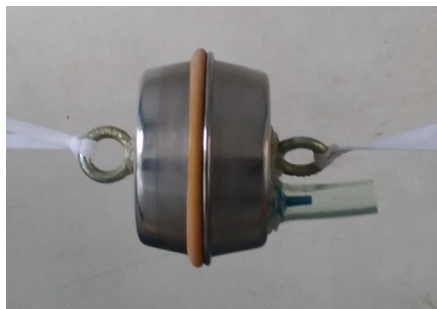


圖 五



圖 六



圖 八



圖 七

四、原理探討

(一) 空氣占有空間：

1. 關卡一的實驗發現，水杯進入水中之前，杯子裡已裝有空氣，而空氣是占有空間的，當水杯（包含杯中的空氣）進入水中後，占有空間的空氣就會把水往外排開，使得杯中的水位下降。
2. 浮在水面上的乒乓球跟著杯子的水位降低，會停留在水箱底部稍高的地方。
3. 當杯子傾斜時，杯中空氣跑出來，水自然流進杯中，乒乓球便隨著水位的升高也跟著上升。

(二) 空氣具有重量：

1. 關卡二的實驗發現，有吹氣的氣球一端會向下降，沒吹氣的氣球一端會向上翹。吹氣後的氣球內部充滿了空氣，這些空氣的重量就是飽滿氣球會往下傾斜的原因。
2. 空氣本身因地心引力的作用而具有重量，這是形成大氣壓力的來源。

(三) 大氣壓力抗衡物體重力：

1. 圍繞在地球周圍的氣體稱為大氣，地面上的所有物體都承受來自大氣的重量，由大氣的重量所形成的壓力稱為大氣壓力。
2. 我們把能支撐垂直高度為 76 公分水銀柱的大氣壓力叫做「一標準大氣壓」，記做 1 atm 或 76 cm-Hg，水銀的密度是 13.6g/cm^3 ，所以 $13.6 \times 76 = 1033.6\text{ g/cm}^2$ ，相當於每平方公分承受大約 1 公斤的垂直作用力。
3. 如果實驗順利，紙片不會掉落，水也不會流出來。只要杯口和紙板能夠密合，阻擋杯外空氣進入杯中，下方的大氣壓力就會把紙板往上頂在瓶口處，因為大氣壓力無所不在，這股由下而上的大氣壓力力量大到足以抗衡杯中的水和金魚小玩具往下壓的重量。
4. 紙板下方的大氣壓力有多大呢？如果高腳杯的杯口直徑是 6 公分，換算面積為 28.26 cm^2 ，那麼就有 28 公斤多的力量向上頂住杯口，而杯中的水和金魚小玩具加起來的重量不到 28 公斤，可見大氣壓力的力量足以對抗物體的重力。

(四) 大氣壓力有多大：

1. (1)抽成真空的馬德堡半球模型用力拉是不容易拉開的，(2)擠壓在牆上的馬桶吸盤會吸附在牆壁上不會掉落地面，(3)經過擠壓密合的兩支馬桶吸盤可以輕易垂直提起，下方的吸盤也不會掉落地面，(4)當然也不容易（或者很費力的）將兩支馬桶吸盤分開來。它們共同的原理都是金屬半球模型和馬桶吸盤經過擠壓密合之後，會造成內部空氣變少、壓力變小而被外部的大氣壓力壓住所致。
2. 大氣壓力小常識：西元 1654 年，德國馬德堡市長做了一項有名的馬德堡半球實驗，就是將直徑 36 公分的兩個空心金屬半球貼合起來，再將裡面的空氣抽走，大氣壓力就緊緊地將兩個半球壓住，當時共需 16 匹馬才能將兩個半球分開，可見實驗中的大氣壓力至少相當於 16 匹馬力。
3. 本實驗用的馬桶吸盤半徑約 6 公分，面積就是 113 平方公分，理論上承受的壓力應該有 113 公斤，但是實際上是少於 113 公斤的。理由有二：一是馬桶吸盤的圓形橡皮塞材質具有彈性，即使經過擠壓後，馬桶吸盤內部還是會留下部分的空氣，並不

是真空狀態，二是不論馬桶吸盤和牆壁之間的接觸面還是兩支馬桶吸盤彼此之間的接觸面，都不是完全密合的，都會造成不同程度的空氣進入馬桶吸盤內部，進而改變馬桶吸盤內外的壓力差，也就會造成馬桶吸盤不同程度的吸附效果。

4. 不論是馬德堡半球實驗模型還是馬桶吸盤，它們都不是完全密合的，經過一段時間，外面的空氣會慢慢跑進裡面，內部的空氣慢慢增加，壓力變大，直到內部的大氣壓力等於外部時，模型和吸盤就會因外力而分開，或是受地心引力影響而掉落。
5. 抽成真空的馬德堡半球模型，只要撕開貼在半球上一個圓形小孔，讓空氣進入，使半球內部大氣壓力變大，就能輕易打開兩個半球模型。同樣的，要分開兩支吸附在一起的馬桶吸盤，只要在兩個圓形吸盤之間的接觸面拉開一個小洞或縫隙，讓空氣進入就能分開。

五、參考資料（含圖片引用出處）

1. 郭騰元（2002）。空氣的科學遊戲。台北市：牛頓開發教科書股份有限公司。
2. 林麗華（2000）。趣味科學攜遊記（1）。新北市：建宏出版社。
3. 蕭次融等（2000）。玩科學秘笈。台北市：遠哲科學教育基金會。