

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

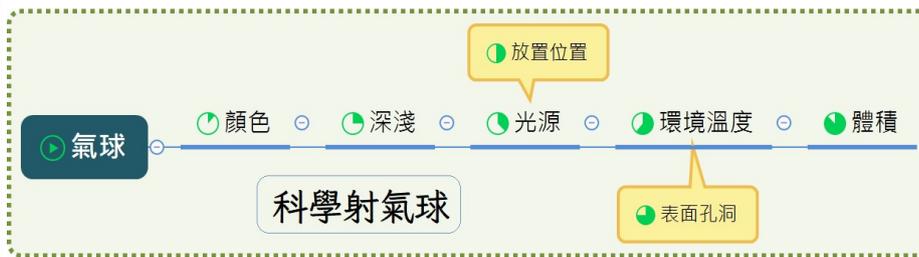
題目名稱：申冤吐「氣」球-氣球洩氣的秘密

一、摘要

本篇以探討不同條件、狀態下對於氣球消氣的影響。藉由縮時攝影了解氣球洩氣的變化，利用顯微鏡觀察氣球有無孔洞之情形，並用多項實驗證明**顏色**、**光線**與**溫度**對氣球消氣現象的影響，透過**自製滴定管和漏斗組成的排水集氣法實驗**可知，光線或溫度的能量越強，導致氣孔變大使氣球消氣越快。因此要想讓氣球維持時間更長久，要選用**高反射**、**低吸收**能量的氣球，且放置於陰暗陰涼處，避免氣球吸收能量導致表面氣孔變大。另外延伸至夜市射氣球遊戲，發想以光線取代飛鏢的**科學版射氣球**，既環保且具科學知識。

二、探究題目與動機

校慶布置會場的氣球，過一段時間總會自己消氣，且每顆氣球洩氣的程度、狀態都不一樣，推測有可能受顏色、光線、溫度等外界因素導致，而可愛的造型氣球無論老少都十分喜歡，想要一玩再玩，那麼有沒有可以讓氣球維持的久一些、減緩氣球消氣速度的可行方法呢？

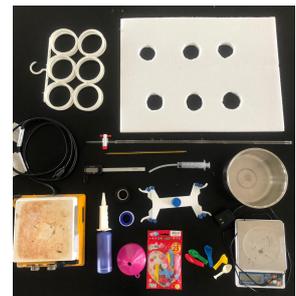


三、探究目的與假設

由天然橡膠、乳膠、氯丁橡膠或尼龍織物等材料製成的薄膜囊狀物-氣球(Balloon)，可以製成多種不同顏色，也有不同用途如熱氣球、小型氣球。因氣球具低密度、低成本的特性，常廣泛應用在各大領域包括氣象、醫療、科研、軍事防禦或運輸等實用目的，早期部分氣球會用乾燥的豬膀胱製作。

當今時代，走在路上、經過百貨公司專櫃，總能看到各種色彩的造型氣球販售或裝飾，在學校校慶或是一些大型活動也經常能見到氣球拱門等裝置藝術，而在經過一段時間後部分氣球會自動洩氣，看似再正常不過的氣球消氣現象，仔細看又會發現，每一顆氣球消氣時間、大小都不盡相同，為找出氣球消氣的規律性，並探討控制氣球消氣時間的方法。

- (一) 在相同品牌與體積下，分辨不同**顏色**對氣球消氣速度的影響
- (二) 在相同品牌與體積下，分辨不同**深淺**對氣球消氣速度的影響
- (三) 在相同顏色與體積下，分辨不同**光源**對氣球消氣速度的影響



(四) 在相同顏色與體積下，分辨不同**溫度**對氣球消氣速度的影響

(五) 在相同顏色與溫度下，分辨不同**體積**對氣球消氣速度的影響

所需器材如下: 氣球、KOMPLEMENT 多功能掛架、打氣筒、游標尺、18*18 公分油鍋、滴定管、蝴蝶夾、漏斗、膠帶、防水膠帶、電子加熱器、溫度計、注射器、電子磅秤、保麗龍板、光度計。

四、探究方法與驗證步驟

實驗一、在相同品牌與體積下，分辨不同顏色對氣球消氣速度的影響

(一) 實驗目的與流程：分辨不同顏色對氣球消氣速度的影響。利用游標尺控制氣球相同的大小，將**不同顏色**相同大小的氣球放置架好的懸空多功能掛架上，當氣球縮小時會掉落於桌面，觀察各顏色氣球的平均掉落時間並找尋規律。



打氣筒打氣



綁汽球



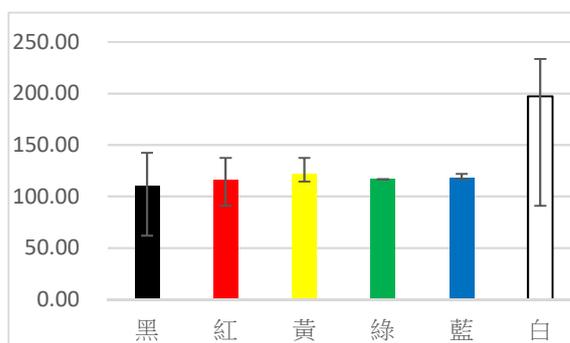
放上掛架



氣球消氣後掉落

(二) 實驗結果：

	第一顆	第二顆	第三顆	第四顆	平均	順序
黑	61.97	118.68	118.68	142.53	110.5	1
紅	90.92	116.63	118.68	137.43	116.0	2
黃	114.42	116.63	118.68	137.43	121.8	5
綠	116.63	116.63	116.63	116.63	116.6	3
藍	116.63	116.63	116.63	121.88	118.0	4
白	90.92	232.33	232.33	233.48	197.3	6

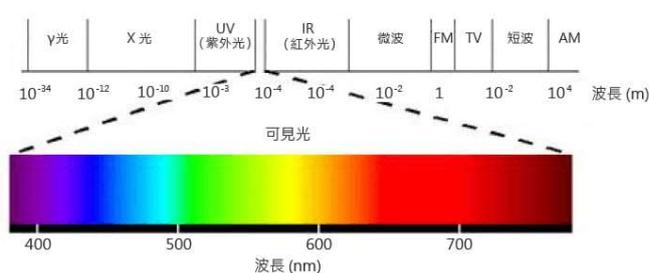


經由實驗觀察後，我們發現各顏色氣球的平均掉落時間由小而大為**黑球 (110Hr)**

<紅球 (116Hr) <綠球 (117Hr) <藍球 (118Hr) <黃球 (122Hr) <白球 (197Hr)，

正好跟不同顏色物質吸收能量有關，在太陽光照射下，**黑球**會吸收所有顏色的光，表面

溫度上升最大，氣球老化最快，導致洩氣快；**白球**會反射所有顏色的光，表面溫度上升最小，老化最慢，洩氣也最慢，其次，**紅球**吸收綠光、藍光；**綠球**吸收紅光、藍光；**藍球**吸收紅光、綠光；**黃球**吸收藍光。依據各色光波長圖，以**紅球**與**綠球**為例，**綠球**會吸收藍光及波長較長、能量較弱的紅光；**紅球**會吸收藍光及波長較短、能量較強的綠光，所以氣球接收到的能量**紅球 > 綠球**，**紅球**接收能量強，表面溫度上升大，老化快，洩氣速度也較快。以**綠球**與**藍球**為



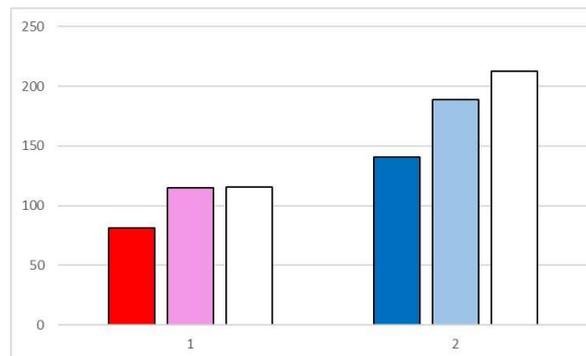
例，綠球會吸收紅光及波長較短、能量較強的藍光；藍球會吸收紅光及波長較長、能量較弱的綠光，所以氣球接收到的能量綠球>藍球，綠球接收能量較強，表面溫度上升大，老化快，洩氣速度也較快。以藍球與黃球為例，藍球會吸收紅光及綠光；黃球吸收藍光，所以氣球接收到的能量藍球>黃球，藍球接收能量強，表面溫度上升大，氣球老化快，洩氣速度也較快。因此得到結論—吸收能量越強的氣球洩氣速度越快。

實驗二、在相同品牌與體積下，分辨不同深淺對氣球消氣速度的影響

(一) 實驗目的與流程：分辨不同色澤深淺對氣球消氣速度的影響。利用游標尺控制氣球的大小相同，將不同深淺但大小相同的氣球放置架好的懸空多功能掛架上，觀察各顏色氣球的平均掉落時間並找尋規律。

(二) 實驗結果：

各顏色氣球的平均掉落時間由小而大為紅色<粉紅色<白色、藍色<淺藍色<白色，皆是由深到淺。白色會反射所有顏色的光，表面溫度上升最小，老化最慢，洩氣最慢，而混有白色的粉紅色與淺藍色氣球吸收的能量會比紅與藍色純



色氣球還少，表面溫度上升較小，洩氣較慢。更加證實了實驗一的結果。

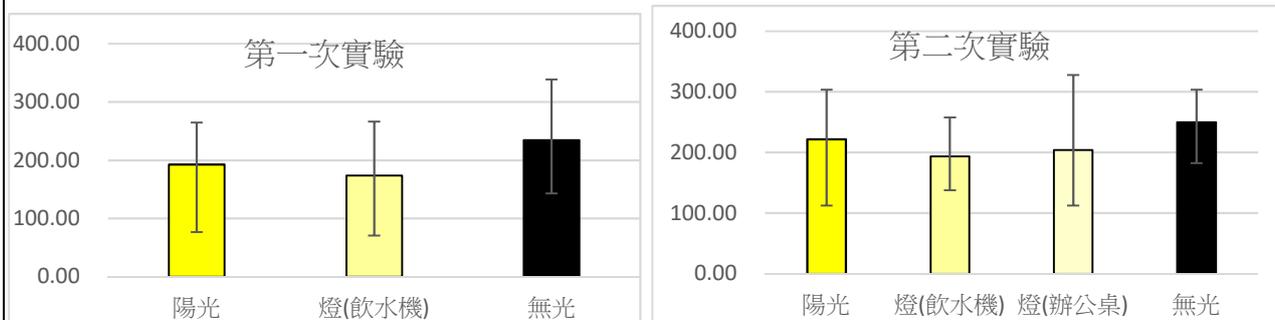
實驗三、在相同顏色與體積下，分辨不同光源對氣球消氣速度的影響

(一) 實驗目的與流程：分辨不同光源照射對氣球消氣速度的影響。因實驗一和實驗二的裝置置於窗邊，受陽光照射，所以我們推測氣球洩氣可能跟受光源照射有關。利用游標尺控制氣球的大小相同，將相同大小的氣球置於架好的懸空多功能掛架上，分別放到能照射到太陽、不會照到陽光的室內



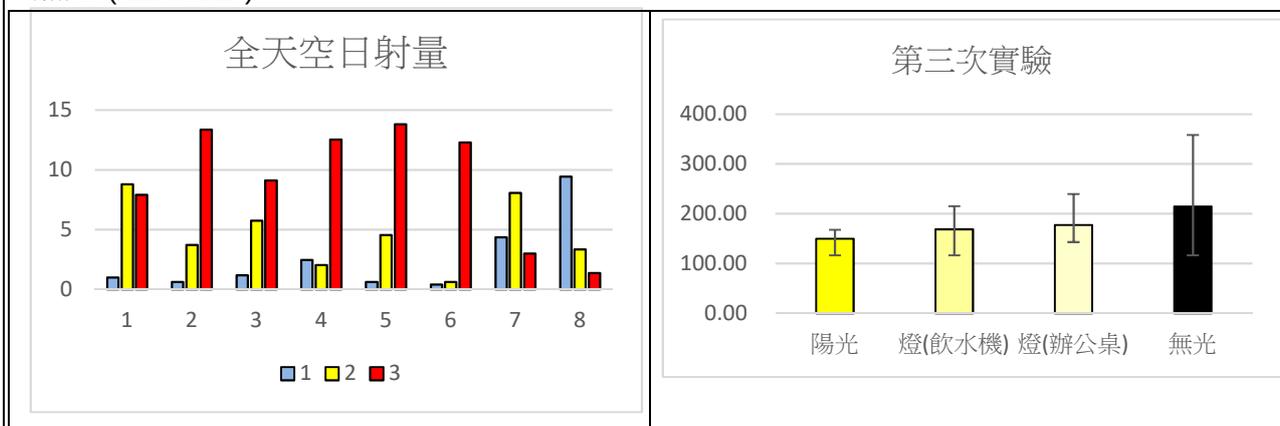
日光燈下及四周黑暗完全無光的封閉紙箱內，觀察各區氣球的平均掉落時間並找尋規律。

(二) 實驗結果：



第一次實驗我們將需要照射到太陽的裝置設於窗邊、日光燈下的裝置為了更靠近天花板光源放到飲水機上、暗箱在日光燈裝置旁邊。實驗結果意外地是日光燈組 (173.5Hr) < 陽光

(192.6Hr) < 無光 (234.4Hr) , 與我們預期的假設不符 , 回過頭檢查時發現氣球溫度日光燈組 (25.7°C) > 陽光 (24.8°C) > 無光 (23.1°C) , 氣球被飲水機的溫度影響 , 室內的氣球溫度高於陽台氣球 , 因此我們修正實驗 , 設計一個受日光燈照射的裝置 , 且放置於不會被溫度影響到的辦公桌上 , 再次進行實驗。實驗結果各組的平均掉落時間日光燈(飲水機) < 日光燈(辦公桌) < 陽光 < 無光 , 還是與預期不同 , 而這次實驗期間 , 天氣一直是陰天 , 陽光照射的時間極短 , 所以同樣的裝置同樣的變因 , 我們又做了一次實驗。第三次實驗天氣非常好 , 實驗期間每天都艷陽高照 , 而最後的結果也與預期相符 , 對照中央氣象局-全天空日射量 , 三次光源實驗累積前八天的日射量 , 第三次 (73.4 MJ/m²) 遠大於第一次 (20.1 MJ/m²) 與第二次 (36.9 MJ/m²) , 更說明波段光譜的陽光散發出之能量遠勝線光譜組成的日光燈白光 , 完全無光的暗箱能量最少。氣球接收能量強 , 表面溫度上升大 , 老化快 , 洩氣速度也較快 , 所以氣球掉落平均時間陽光 (150.0Hr) < 日光燈 - 飲水機 (168.9Hr) < 日光燈 - 辦公桌 (177.7Hr) < 無光 (214.6Hr) 。



實驗四、在相同顏色與體積下，分辨不同溫度對氣球消氣速度的影響

(一) 實驗目的與流程：分辨不同溫度狀態對氣球消氣速度的影響。在實驗三中發現，影響氣球掉落時間不僅光線，環境溫度也是一大關鍵，因此本實驗利用游標尺控制氣球的大小相同，將相同大小的氣球設於裝置中，分別加熱至不同溫度範圍，觀察各溫度狀態氣球的體積變化現象並找尋規律。

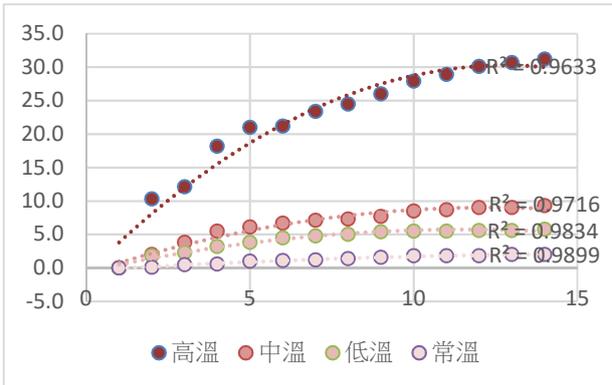
(二) 實驗結果：

利用水浴法搭配漏斗和滴定管，製作排水集氣法，收集藉由氣球洩氣過程中所排出的氣體，透過漏斗將氣體集中至中央上方的滴定管中，利用滴定管水位下降體積，判讀收集到的氣體體積。雖學校無恆溫槽，但藉由加熱板不同刻度以及每日固定補水，創造室溫(19°C)、低溫(30°C)、中溫(34°C)、高溫(40°C)四種不同溫度環境，經由14天每日觀察後發現，氣球的排出氣體體積變化大小為高溫(31.2mL) > 中溫(9.3mL) > 低溫(5.8mL) > 室溫(2.0mL)，溫度越高，氣球排氣越快，體積縮小速度越明顯，判斷是氣球表面孔洞因溫度越高孔洞面積越大，導致氣體進出越容



溫度	水質量
40°C	11.2g
34°C	8.2g
30°C	5.2g
19°C	0.6g

易導致。此外從下圖中可發現，各種溫度下五吋氣球在充氣後十天，氣體變化趨於穩定。在實驗結束，我們亦發現氣球內有進水，其進水量如右上表，溫度越高者氣球內含水質量越多，亦符合溫度越高孔洞越大，內部氣體逸散多，外部水進入也多的推論。



不同環境溫度對排出體積作圖



不同環境溫度(左高右低)水浴法後氣球

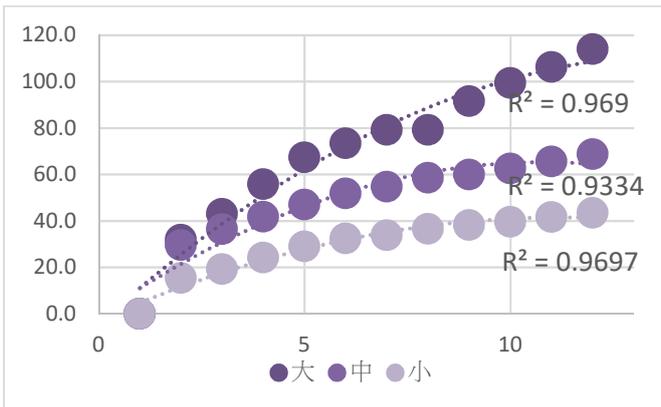
此外將此四顆氣球溫度由高而低排列，其體積則是由小而大，符合排水集氣法所收集到氣體由多而少的順序。

實驗五、在相同顏色與溫度下，分辨不同體積對氣球消氣速度的影響

(一) 實驗目的與流程：分辨不同體積對氣球消氣速度的影響。我們推測氣球會消氣是因氣體進入後氣球表面孔隙會撐大所導致，因此設計了本次實驗，三組溫度相同的黃色氣球分別打氣至直徑大(10公分)、中(7公分)、小(4公分)，依同樣加熱條件將三組裝置均維持在 40°C 加速氣球洩氣，利用實驗四的排水集氣法，觀察氣體進出之情形。

(二) 實驗結果：

雖然是顏色及溫度都相同的三組氣球，氣球洩氣速度卻以大>中>小順序穩定洩氣，並且實驗後氣球進水多寡也是大>中>小，完全符合體積越大導致孔隙大，使氣體進入氣球越容易之推論。



不同大小氣球對排出體積作圖



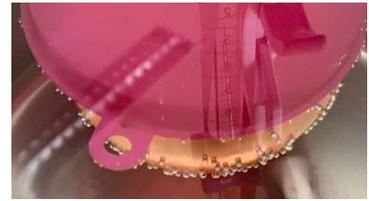
不同體積大小水浴法後的氣球

五、結論與生活應用

(一) 結論：

1. 氣球吸收越多能量，洩氣就越快，其中能量來源可由外在環境溫度或是光線照射，最為直接顯著的方式是**搭配氣球顏色選擇適當的色光照射**。

2. 由實驗四我們可以發現氣球表面充滿小氣泡 (如右圖)，水中氣球經過一段時間後，氣體慢慢洩氣的同時水分子也會跑進氣球內部，並依溫度高低，氣球滲入的水量也有不同，裝置內的溫度越高，氣球內水量也越多，因此我們推測是氣球的表皮有細小的孔洞，熱脹冷縮，隨著氣球吸收愈多能量，孔洞分布的數量也愈大，並且孔洞的大小(10^{-5} m)足夠讓氣體和水分子(10^{-10} m)進出，為此，我們用了解剖顯微鏡來佐證我們的觀點，隱約能看到分布不均的小孔洞，礙於我們設備的不足，目前只能夠推測。



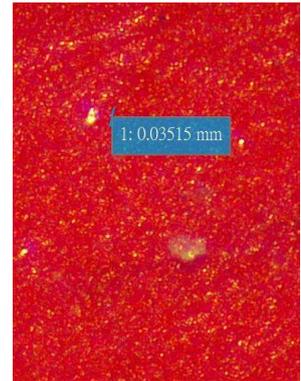
肉眼觀察



放大鏡觀察



解剖顯微鏡(手機翻拍)

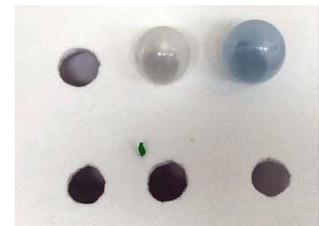


解剖顯微鏡(實景)

3. 此外我們推測氣球表面分子結構應為一層一層的乳膠堆疊，在氣球吹氣過程中，乳膠分子因被延展，導致部分斷裂，乳膠層完全斷裂前，層數較少的位置容易讓氣體分子進出，導致氣球洩氣，若強行將氣球吹大致全部乳膠分子斷裂則造成氣球破裂。

(二)應用：

根據上述結果，發想利用不同顏色氣球會吸收不同色光的原理，導致氣球表面溫度上升差異，造成氣孔變大甚至破裂，可以運用至夜市射氣球遊戲，傳統夜市射氣球是利用 BB 彈或飛鏢擲向氣球，我們可將其換成單色光，利用強光照射使氣球爆破，相對傳統飛鏢或 BB 彈減少垃圾更為環保，此外極富科學教育意義，若理解不同色光對不同色氣球的影響，即可依據該色氣球是否吸收此色光，導致表面溫度升高，氣球破裂；反之若為同色氣球或白色氣球，會因反射單色光使氣球不易破裂，掌握此技巧、駕馭遊戲，破解科學版射氣球遊戲。如圖，利用藍色光照射不同色氣球，因黑球、紅球、綠球、黃球都吸收藍光導致氣球破裂，而白球、藍球因反射藍光而不破裂，此為科學版射氣球遊戲。



六、參考資料

- (一) 國立自然科學博物館(2021年11月07日)，由於遊戲。臺科秀。
<https://www.youtube.com/watch?v=3PIGvYcyaZU>
- (二) 國立自然科學博物館(2021年05月01日)，館前夜市。臺科秀。
https://www.youtube.com/watch?v=4HnEF_3Yo9s