

# 2023 雲林科學 HomeRun 創意競賽

## 競賽手冊

主辦單位：國立彰化師範大學

國立虎尾科技大學

雲林縣政府

台塑企業

指導單位：國科會

協辦單位：遠哲科學教育基金會彰化辦公室

## 目 錄

2023 雲林科學 HomeRun 創意競賽活動辦法.....	01
《競賽項目一》：摩擦生電.....	03
《競賽項目二》：二氧化碳與壓力.....	08

# 2023 年 雲林縣科學 HomeRun 創意競賽活動簡章

- 指導單位：國科會
- 主辦單位：國立彰化師範大學、國立虎尾科技大學、雲林縣政府、台塑企業
- 協辦單位：遠哲基金會彰化辦公室
- 活動目的：為鼓勵雲林縣青少年「動手做」，激發創意並培養青少年合作解決問題的精神與方法，因此提供青少年創意生動玩科學的機會，並結合科技及環保領域運算思維，有效解決生活與學習問題，以團隊合作的方式進行科學創作。

一、對象：雲林公私立國中、國小學生。

二、競賽時間/地點：112 年 11 月 18 日上午 9 時至下午 4 時 / 雲林縣虎尾國小。

三、活動項目：1. 摩擦生電 2. 二氧化碳與壓力。

四、組隊方式：由學校推薦組隊，3-4 名同學組成一隊，另設指導老師一名。

(每校至多 3 隊)

五、報名截止日期：112 年 11 月 3 日止。

六、注意事項

1. 本活動為國中、國小學生不分組比賽。
2. 參賽學生不得重複報名，違者取消該隊參賽資格。
3. 本競賽備有午餐。

七、Q&A 查詢：若有題目相關問題請至網址 <https://www.facebook.com/YunlinHomeRun/>，本活動提供問與答功能，並有相關訊息供查詢。

八、獎勵：(雲林縣政府頒發)

競賽名次	隊數	獎 勵
競賽第一名	1 隊	獎狀乙面及獎金六仟元、指導老師獎狀乙面及獎金二仟元
競賽第二名	2 隊	獎狀乙面及獎金三仟元、指導老師獎狀乙面及獎金一仟元
競賽第三名	3 隊	獎狀乙面及獎金二仟元、指導老師獎狀乙面及獎金一仟元
佳作數名	若干	獎狀乙面、指導老師獎狀乙面

【參賽證書】全程參與大會全部競賽活動者，每人頒發參賽證書乙張，每隊指導老師限一人。

【備註】為考量國中、小學習經歷不同，如前三名國小、國中組未達 2 隊，將另頒發優等獎狀。

## 九、 競賽規則

1. 填妥報名表即代表參賽者同意相關比賽規則，並遵守大會一切規定，正式競賽規則以「競賽手冊」為準，請務必事先詳細閱讀，如有未盡事宜，以活動當天公佈注意事項為準。
2. 僅能攜帶手冊中規定的器材進入製作區，手冊亦不可攜入。
3. 參加學生當天務必至報到處簽名並攜帶就讀學校學生證或國民身分證或健保卡，經查無誤完成報到程序後，始准參加競賽。
4. 本競賽於 112 年 11 月 13 日公布競賽編號，競賽期間必須全程配戴發給之識別證(報到當日發給)。
5. 競賽場所僅限參加學生、評審委員及工作人員，其他人員請於看台區觀看比賽並請勿影響比賽進行。
6. 活動進行中，禁止使用電子產品(例如：手機、數位相機等)。
7. 請於領取材料 5 分鐘內時間檢查是否有缺漏，逾時則不受理。
8. 各組間禁止借用器材和交談，且不可影響他組活動進行，違者分數乘以 0.8。
9. 競賽結束後會請參賽隊長確認競賽成績並簽名。
10. 本競賽共有兩項競賽項目，排名以兩項競賽項目成績加總排序。
11. 若總成績同分者，將以「摩擦生電」成績高低依序排名。

## 十、 領隊會議

1. 會議目的：釐清並統一比賽規則與評分標準，及其他與本次比賽相關事宜之協調。
2. 會議時間：112 年 11 月 10 日(星期五)下午 14:00~17:00。
3. 與會人員：競賽隊伍之指導老師。
4. 會議地點：採線上會議方式進行，會議網址將寄送至指導老師信箱。

## 十一、 聯絡方式

1. 競賽聯絡人：物理系洪連輝教授、黃小姐
2. 聯絡電話：(04)7232105 ext.3342
3. 活動網址：<http://phys5.ncue.edu.tw/ps/>

## 競賽項目一：摩擦生電

設計者：涂順堯

### 壹、前言

小時候我們總是對於一些超乎想像的現象非常的感興趣，像是摩擦墊板可以吸引頭髮、塑膠袋會黏在手上、穿脫毛衣會有霹哩啪啦的聲音等等的現象，因為不懂背後的物理原理而感到神奇，甚至還曾經天真的覺得是不是自己其實擁有特殊能力，但其實這一切都是因為「靜電」才產生的自然現象，本次活動就讓我們透過靜電當作超能力來一決高下吧！

### 貳、應用的科學原理

1. 摩擦起電
2. 感應起電

### 參、製作材料

大會提供		學生自備	
項目	數量	項目	數量
油黏土	1 包	尺	不限
竹筷	2 雙	筆	
竹籤	2 支	橡皮擦	
塑膠免洗杯(700ml)	6 個	修正帶	
塑膠免洗杯(200ml)	3 個	剪刀	
PP 板(A4 大小)	2 張	美工刀	
雙面膠(細)	1 捆	起電棒	
膠帶(小)	1 捆	起電布	
鋁箔紙(寬約 30 cm)	長 100 公分	切割墊	
影印用 A4 白紙	1 張	電子秤 (精度 0.1g)	

備註：所提供材料在活動一、活動二共同使用，用完不再進行提供，材料不一定要全部用完。

### 肆、競賽活動

#### 一、競賽時間

1. 製作時間與測試裝置共 60 分鐘，請於時限內，在各組的製作區內完成所有活動成品，各組不得影響別組之活動進行。
2. 製作時間結束後，各組依序進行活動一與活動二之競賽項目。

## 二、競賽說明

1. 起電材料(起電棒與起電布)請自行準備，但不能包含機械裝置、電子元件，以及任何非人力驅動的裝置。
2. 起電棒範例：PVC 水管、長型氣球、塑膠尺、泡棉、橡膠水管等等... ..。
3. 起電布範例：絲綢、抹布、毛巾、羊毛、蠶絲、棉被、外套、橡皮等等...。
4. 利用大會提供的材料與自備的工具，製作圓柱形紙捲、萊頓瓶、富蘭克林馬達。
5. 產生靜電的方式，只能使用人力摩擦起電棒與起電布。
6. 活動一、活動二分數分別由高到低排序第一到最後一名，所得競賽積分即為反過來的組數(Ex:有 60 組，第一名得 60 分，最後一名得 1 分)。
7. 活動一、活動二積分總和即為本競賽成績。
8. 若兩組總積分相同，以同名次計算。(Ex:第一名 115 分，第一名 115 分，第二名從缺，接續第三名。)

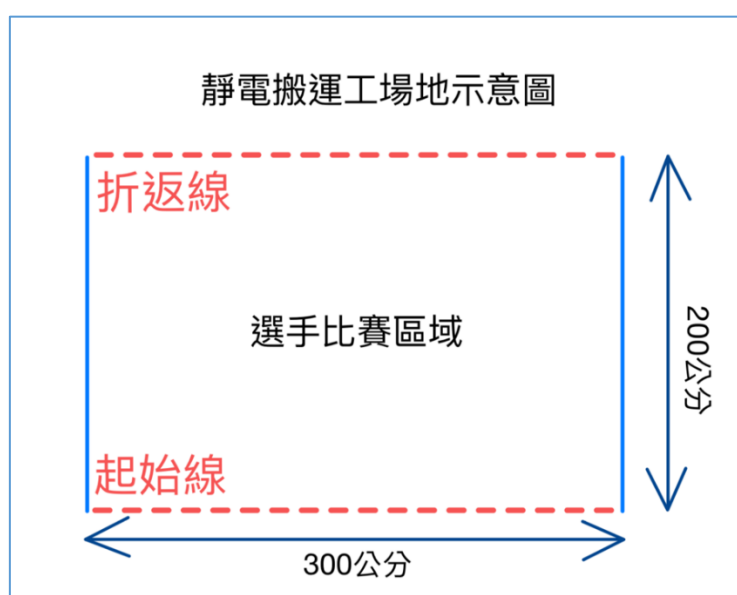
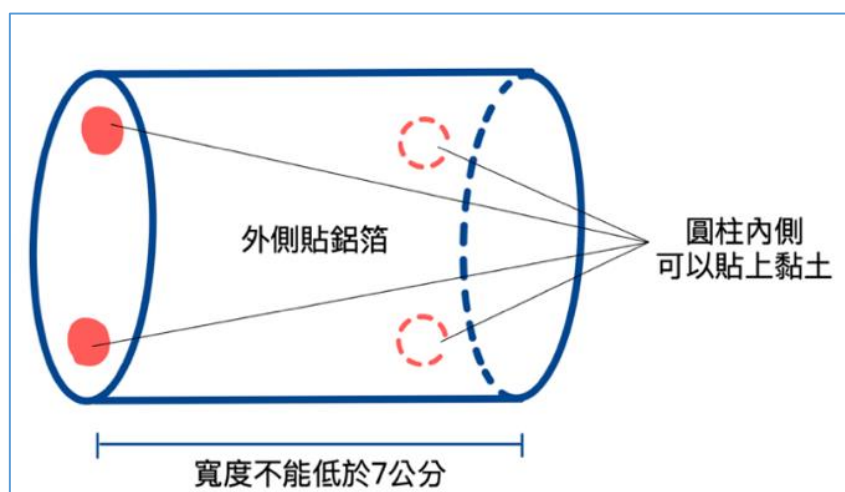
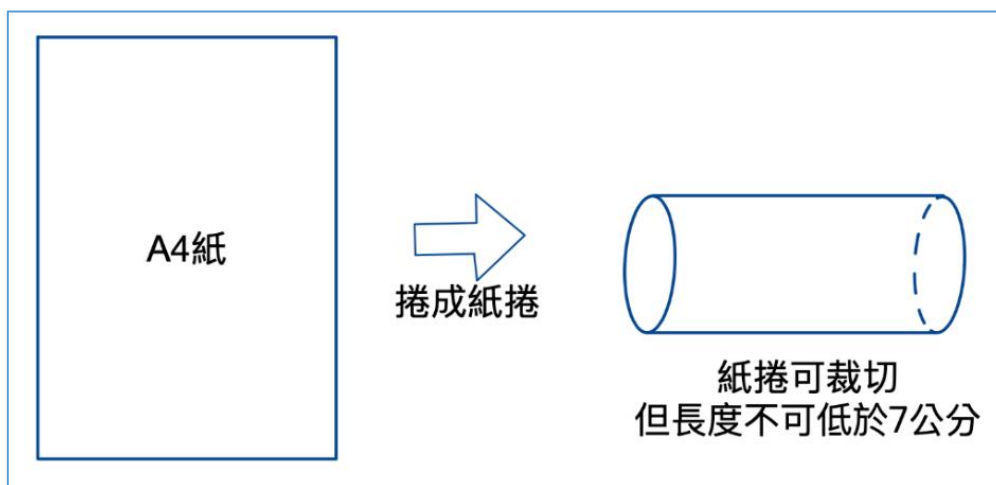
## 三、競賽內容

### (一)活動一：靜電搬運工

1. 將 A4 紙捲成任意直徑的圓柱形紙捲後，以雙面膠或膠帶黏貼起來。圓柱高度需大於等於 7 cm。  
(註：A4 紙可以任意摺疊、裁切、或黏貼，材料不一定要全部用完)
2. 於製作好的圓柱包上鋁箔紙，可以在圓柱內部任意位置擺放黏土增加重量。
3. 比賽前將圓柱裝置交給裁判秤重並記錄。(電子秤：精度 0.1g)
4. 比賽方式
  - (1) 參賽者使用起電棒與起電布摩擦起電，將包上鋁箔紙的圓柱紙捲放在地上，以起電棒放在圓柱紙捲的前面，吸引紙捲前進。
  - (2) 過程中不可以任何東西去推圓柱紙捲，或用非吸引方式改變圓柱紙捲的方向。
  - (3) 每組派出 3 人接力，起始線到折返線的距離為 2 公尺。第 1 個人將圓柱裝置放在起始線之前，起電棒摩擦起電後吸引圓柱紙捲從起始線吸引到折返線，然後再將圓柱紙捲吸引返回到起始線。第 2 人與第 3 人接力，但不能觸摸圓柱紙捲。第 3 人最後將圓柱紙捲吸引回起始線時(須超過起始線)紀錄總時間。
  - (4) 競賽場地的左右邊界為 3 公尺，若從起始線出發的過程中紙捲觸碰到邊界，那麼必須返回起始線，若從折返線回起始線時紙捲觸碰到邊界，則須返回折返線。(參賽者在吸引紙捲時，腳踩到邊界不算犯規。)

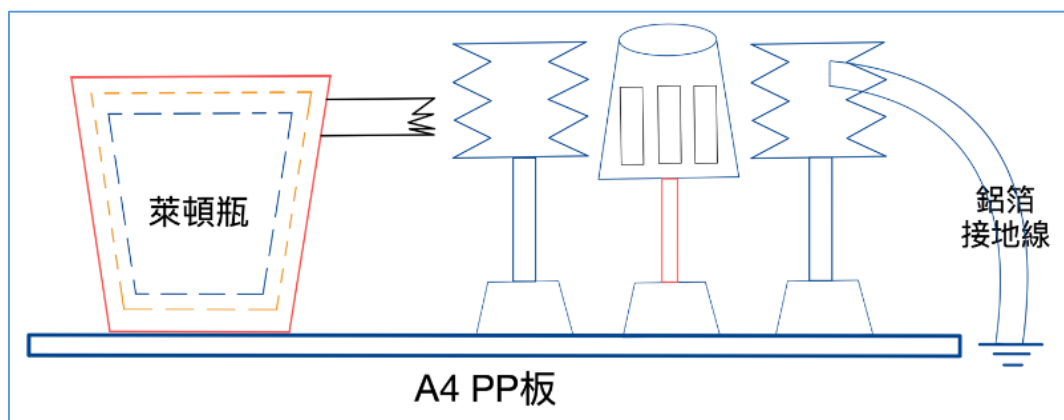
(5) 得分計算方式為：圓柱紙捲總重量/總花費時間(單位：g/s)。

(6) 比賽過程不得超過6分鐘，超過6分鐘則以零分計算。

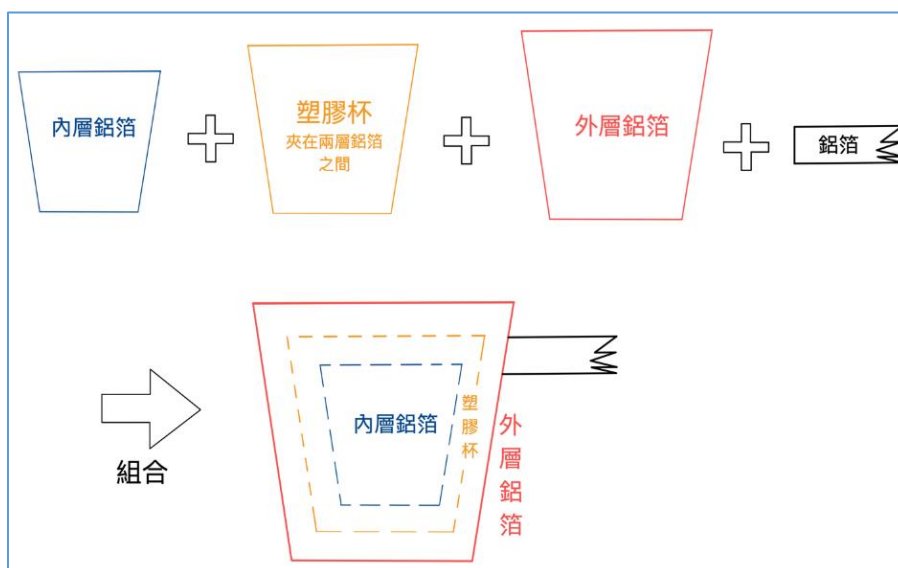


## (二)活動二：靜電旋轉木馬

1. 各組在規定時間內製作出兩組富蘭克林馬達(如下圖)，放置在一塊 PP 板上。  
裝置內容：萊頓瓶、放電旗、轉輪與支撐桿、接地鋁箔。

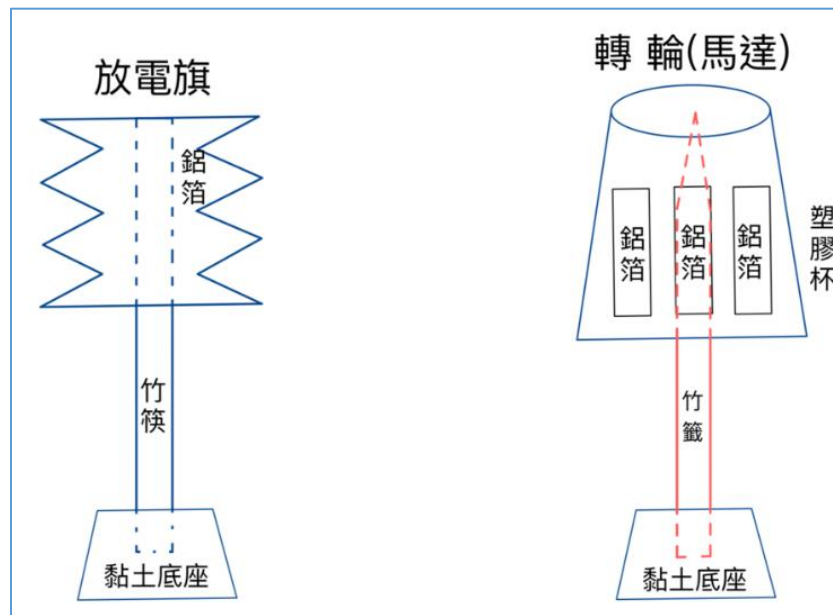


2. 萊頓瓶製作：將塑膠杯的內側與外側各放入一層鋁箔，並在內層或外層的鋁箔加上一段鋸齒狀的鋁箔，便於將靜電傳導至放電旗。萊頓瓶的內側或外側可再各增加一層塑膠杯，便於鋁箔固定(請自行決定是否在內、外側增加塑膠杯)。



3. 轉輪與支撐桿製作：將塑膠杯放在竹籤上，以竹籤作為支點，並在塑膠杯內側用竹籤輕壓使塑膠杯留下凹陷的痕跡(請注意力道，勿將塑膠杯戳破)，使塑膠杯旋轉時不會偏移。於塑膠杯周邊貼上數片鋁箔紙，再用黏土固定竹籤當支撐桿。
4. 放電旗製作：將鋁箔紙剪成適當形狀大小的鋸齒狀，黏貼在竹籤上，並將竹籤使用黏土固定在 A4 PP 板上。





5. 將富蘭克林馬達拿到競賽區進行兩次競賽。兩次競賽須使用不同的裝置。
6. 競賽開始時，使用起電棒與起電布給予萊頓瓶充電，所有組員都可以協助充電，每個裝置充電時間一分鐘，時間到即停止充電。
7. 停止充電時，開始計時轉輪的旋轉時間。當轉輪停止旋轉或開始倒轉時停止計時。
8. 兩組富蘭克林馬達分開進行比賽，轉輪旋轉時間相加即為分數，分數越高者獲勝。

## 競賽項目二：二氧化碳與壓力

設計者：楊水平、張嘉宏

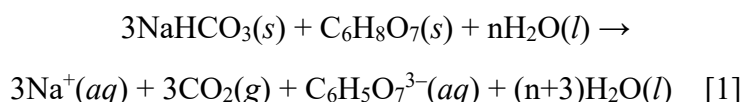
### 壹、前言

活動一：你在遊樂場有看過或親自使用過空氣槍嗎？空氣槍是在密封空間中空氣經過壓縮來發射拋射物所製成的器具。本競賽項目使用寶特瓶當作簡易空氣槍，並使用矽膠塞當作發射彈，以化學反應產生氣體，使寶特瓶內充滿空氣和二氧化碳氣體並在密閉瓶中被壓縮。當二氧化碳氣體繼續產生而使得瓶內的氣體總壓力大於矽膠塞與瓶口的摩擦力時，發射彈即刻發射出去。

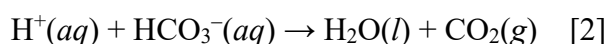
活動二：你一定吹過或用打氣筒吹脹氣球，這是一件很容易的事。然而，在密閉的寶特瓶中吹脹氣球是一件相當困難的事。在本競賽項目中，使用家用產品，控制藥品的使用量，進行簡單的操作，你就可以在密閉瓶中使氣球膨脹。

### 貳、實驗原理

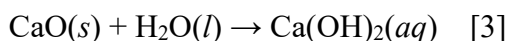
本實驗涉及的第一反應為碳酸氫鈉（ $\text{NaHCO}_3$ ）與檸檬酸（ $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ）的反應，當兩反應物混合後，加入水會立即發生化學反應，產生二氧化碳（ $\text{CO}_2$ ）氣體和檸檬酸三鈉（ $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_7$ ），其反應如式[1]所示：



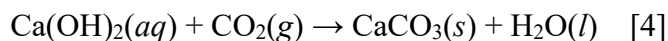
該反應式以淨反應式表示為檸檬酸的氫根離子（ $\text{H}^+$ ）與碳酸氫鈉的碳酸氫根離子（ $\text{HCO}_3^-$ ）反應，其反應如式[2]所示：



本實驗涉及的第二反應為氧化鈣（ $\text{CaO}$ ，生石灰）與（ $\text{H}_2\text{O}$ ）水反應，生成氫氧化鈣（ $\text{Ca(OH)}_2$ ，熟石灰），其反應如式[3]所示：



本實驗涉及的第三反應為氫氧化鈣與二氧化碳氣體的反應，生成碳酸鈣（ $\text{CaCO}_3$ ）和水，其反應如式[4]所示：



### 參、使用器材

#### 一、大會提供之藥品與器材

項目	規格	數量	備註
檸檬酸	無水檸檬酸	約 20 g (1 包)	包裝在夾鏈袋中，用於活動一及活動二
碳酸氫鈉	小蘇打粉	約 40 g (1 包)	
氧化鈣	乾燥劑（生石灰）	約 12 g (1 包)	包裝在夾鏈袋中，用於活動二
硬質寶特瓶	圓底瓶，約 450 mL	4 個	用於活動一及活動二
咖啡攪拌匙	平匙容量約 0.1 mL	2 支	用於量取小量藥品

布丁匙	平匙容量約 1.25 mL	2 支	用於量取中量藥品
布丁匙	平匙容量約 1.6 mL	2 支	用於量取大量藥品
塑膠醬料碟	透明，小碟盤	5 個	用於盛裝預估的藥品
塑膠漏斗	家庭用，大口徑	1 個	用於轉移藥品到瓶中
乳膠氣球	10 吋，不易破	3 個(一個為備用)	用於活動二

備註：所提供材料於活動一、活動二共同使用。材料不一定要全部用完，用完不再提供。



(示意圖：活動一)



(示意圖：活動二)

## 二、大會公共使用的藥品與器材

項目	規格	數量(公共使用)	備註
自來水與塑膠量杯	一般自來水	活動一：50 mL 活動二：30 mL	大會提供
自來水	一般自來水	40 L	作為測量氣球膨脹的體積
塑膠量杯	容量 50 mL	10 個	用於量測水量
塑膠量杯	容量 100 mL	10 個	用於量測水量
塑膠量杯	容量 300 mL	10 個	用於量測水量
PE 滴管	容量 3 mL	100 支	用於滴加少量的水
透明膠帶	寬度約 2 cm	3 捲	用於黏貼硬幣在矽膠塞上
衛生紙	抽取式	10 包	用於清潔
電子秤	精度 0.1 g	6 台	用於稱量物重
閱讀書架	可調整角度	3 座	當作發射台
矽膠塞	6 號，白色軟質	2 個	控制發射台角度
發射彈(矽膠塞 +10 元硬幣)	8 號矽膠塞(白色軟質)	6 個	用於製作發射彈



(示意圖)

### 三、學生自備

項目	規格	數量	備註
安全眼鏡	透明塑膠製	1 副/人	防護用具，自備
乳膠手套	S、M 或 L 號	1 雙/人	防護用具，自備

## 肆、競賽活動

### 一、競賽說明

1. 在製作區配製活動一和活動二的第一個寶特瓶藥品，時間共 30 分鐘。
2. 大會提供的材料包用於活動一及活動二。
3. 活動一有兩次機會（兩個寶特瓶，一個寶特瓶使用兩顆發射彈），取成績較佳的一次當作成績。
4. 活動二有兩次機會（兩個寶特瓶和兩個氣球），取成績較佳的一次當作成績。
5. 參賽者競賽過程須全程配戴安全眼鏡和帶乳膠手套，違者該競賽項目成績乘以 0.8。
6. 本競賽提供的檸檬酸和小蘇打粉為固定供應量，參賽者不得要求額外發給。
7. 參賽者必須在工作區和公共發射區內完成操作，且在操作時不可有任何妨礙他人進行的行為，進行實驗時僅能使用大會提供的藥品和器材，違者該活動項目不予計分。
8. 寶特瓶和氣球不得做任何改造，如拉長氣球或事先吹脹或寶特瓶擠壓、扭轉等行為，違者本競賽項目不予以計分。
9. 在寶特瓶內殘留的液體不可以直接丟棄於垃圾桶中，應用大量的水稀釋沖掉，再分類回收。不可再次裝水飲用。
10. 活動一和活動二的分數分別由高到低排序第一到最後一名，所得競賽積分即為反過來的組數（Ex:有 60 組，第一名得 60 分，最後一名得 1 分）。
11. 活動一和活動二積分總和即為本競賽項目的成績。
12. 若兩組總積分相同，以同名次計算。（Ex:第一名 115 分，第一名 115 分，第二名從缺，接續第三名。）

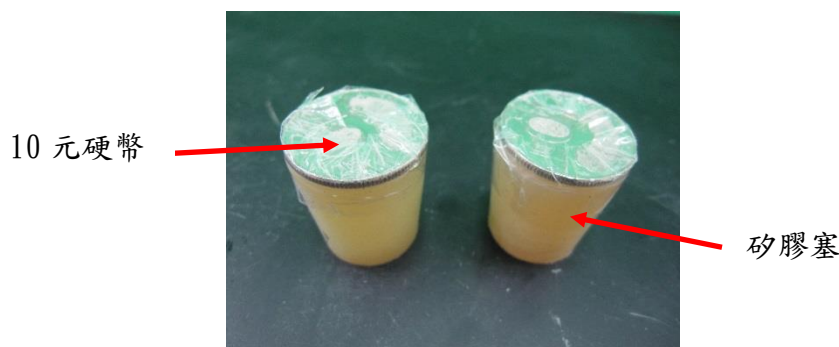
## 二、 競賽內容

### (一)活動一：我是有效率的射擊高手

本競賽項目的過程簡述如下：(1)取得一個空的寶特瓶；(2)在瓶中加入檸檬酸和小蘇打後加入水；(3)在瓶口塞住一個矽膠塞；(4)寶特瓶放在發射台上，等待矽膠塞發射；(4)矽膠塞兩顆發射的區域得分總和計算射遠效率。

#### A、操作過程

1. 公共區提供兩個矽膠塞和兩個 10 元硬幣，已使用透明膠帶黏住矽膠塞寬徑與 10 元硬幣在一起，製作成兩顆發射彈。



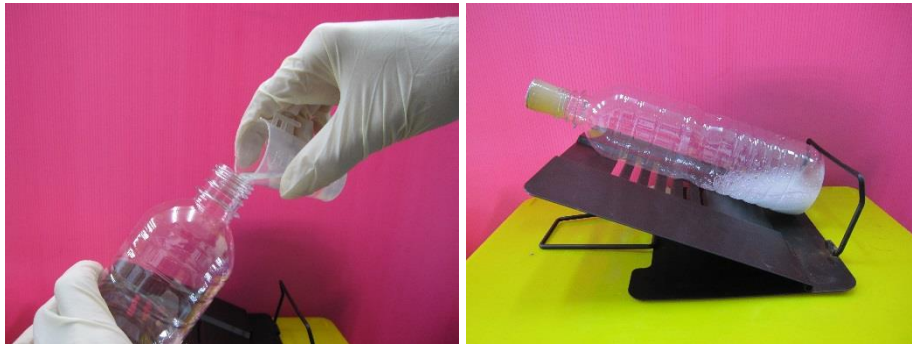
2. 攜帶寶特瓶（不含瓶蓋）、藥品與塑膠醬料碟到公共區域。各小隊可至指定公用區的秤台使用布丁匙和咖啡攪拌匙，取得適當的檸檬酸與小蘇打放在塑膠醬料碟中。（註：各隊自行預估，檸檬酸與小蘇打粉使用量會影響發射距離。）
3. 各小隊於公用區告知裁判所想使用的水量(兩次機會的水量共 50 毫升，可自行選擇是否全部用完)，裁判裝取水給小隊並記錄所使用水的重量(W1)取至公克數小數點後一位。（註：各隊自行預估，加入水量會影響發射距離。）
4. 先在電子秤上放上一個空的寶特瓶和一個塑膠漏斗，將電子秤歸零，再倒入藥品到寶特瓶中，測量此二藥品的重量（W2）並紀錄。取至公克數小數點後一位。



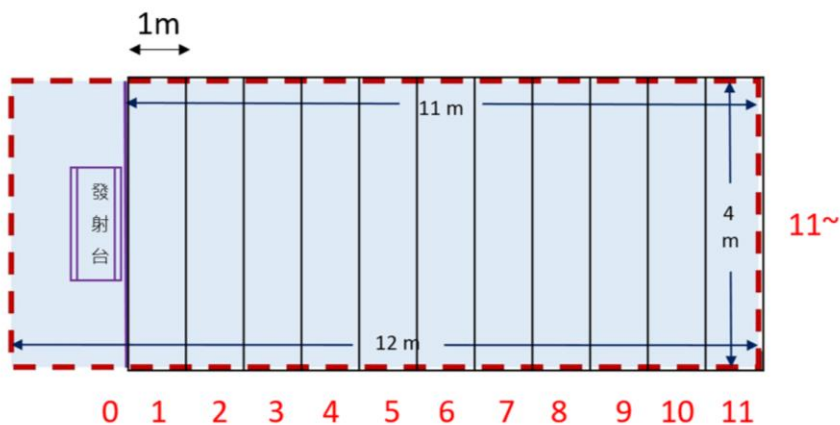
5. 至發射區以閱讀書架當作發射台，參賽者在發射前可事先調整好發射角度。高角度可由閱讀書架的支撐物來控制，低角度可利用大矽膠塞放在適當位置來控制。（註：發射彈發射的角度會影響發射距離。）



6. 時間限時 3 分鐘，需於時間內完成 2 次發射。在工作人員喊「開始」後，立即將水倒入寶特瓶中，並用發射彈塞住瓶口後立刻放置此寶特瓶在發射台上，等待發射。(註：發射彈塞住瓶口的方式和鬆緊度會影響發射距離，如發射彈發射到發射區之外，則不予計分。)



7. 第一顆發射彈發射後，立即用第二顆發射彈塞住瓶口，等待發射彈發射。(全部流程須在 3 分鐘內完成，若在時限內只發射一顆，則只計算一顆的成績。)
8. 由工作人員計算二顆發射彈落入評分區域的得分，如最後落地點位於邊界採取較高分數之區域得分；如發射彈發射到發射區之外，則不予計，最終結果皆由裁判認定。



得分區域	0m (未射出)	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	11m~
分數	2分	4分	6分	8分	10分	12分	14分	16分	18分	20分	22分	24分	26分

9. 第一個寶特瓶發射後回到製作區，使用另一個寶特瓶（當作第二瓶），調整藥品用量及水量，重複步驟 2-9，進行第二次實驗。
10. 本競賽結束後，將寶特瓶內的溶液倒入廢棄桶中，並放置此二寶特瓶至公共區域。

## B、評分標準

1. 本活動的評分為此二種藥品與水的總重量 ( $W_1+W_2=W$ )，以及兩顆發射彈射入區域得分之總和(D)。

射遠效率 (E)，定義為兩顆發射彈落入區域得分之和除以使用藥品和水量之重，亦即  $E = D \div W$ 。E 值越大，得分越高。

2. 本競賽項目的成績計算方式如下：

(1)發射彈落入區域得分 (D)：兩顆發射彈落入區域得分之和 ( $D_1 + D_2$ )。

(2)射遠效率 (E)： $E = D \div W$ ，單位 1/g。取四捨五入至小數點後兩位。

(3)成績計算方式：依照射遠效率 (E) 排序，E 值越大，得分越高。

(4)本競賽活動有兩次機會，取其中一次 E 值較大者進行排名和得分。

## (二) 活動二：我有奇招使氣球在密閉瓶中膨脹

本競賽活動的過程：(1)取得一個空的硬質寶特瓶；(2)在瓶中加入碳酸氫鈉和檸檬酸，再加入適量的水；(3)在反應的適當時機，加入氧化鈣；(3)在瓶口內套住一個氣球；(4)搖晃寶特瓶，促使氣球在寶特瓶中膨脹。

### A、操作過程

1. 各小隊可至指定公用區的秤台使用布丁匙和咖啡攪拌匙，取適當的檸檬酸與小蘇打放在塑膠醬料碟中，再取適當的氧化鈣放在另一塑膠醬料碟中。(註：檸檬酸、小蘇打粉及氧化鈣的使用量會影響氣球膨脹的程度。)
2. 攜帶寶特瓶 (不含瓶蓋)、含檸檬酸與小蘇打塑膠的醬料碟、氧化鈣的塑膠醬料碟及塑膠漏斗到公共區域。



3. 取一個空的寶特瓶和一個漏斗放在電子秤上後將電子秤歸零，再倒入檸檬酸與小蘇打到寶特瓶中，測量此二藥品的重量 ( $W_1$ )。取至公克數小數點後一位。
4. 由工作人員加入約 30 g 自來水，此時瓶內混合物開始反應，參賽者可輕輕地搖晃寶特瓶使其混合均勻。[註：統一由工作人員稱重約 30 g 的水並加入瓶中。]



5. 參賽者將裝有混合物的寶特瓶和漏斗放在歸零的電子秤上，在適當時機將氧化鈣倒入寶特瓶中，測量氧化鈣的重量 ( $W_2$ )，並紀錄在大會的表單上。取至公克數小數點後一位。



6. 立即取下漏斗後懸掛一顆氣球在寶特瓶的瓶口內，並套緊在瓶口上，使之形成密閉系統(請注意勿太大力使氣球破裂，如有破裂情形，材料包備有一顆氣球可以使用)。



7. 帶回裝有氣球的寶特瓶至製作區，輕輕地搖晃此寶特瓶，使氣球在寶特瓶中逐漸膨脹，需時 10-20 分鐘。



8. 參賽者等氣球不再膨脹後，攜帶裝有氣球的寶特瓶到公共區域，放在電子秤上，再將電子秤歸零。
9. 由工作人員提供自來水，讓參賽者慢慢倒入水到膨脹的氣球。當水位接近瓶口時用滴管慢慢地滴加，直到水位與瓶口切齊後由工作人員秤重，並記錄水的重量 ( $W_3$ )。





10. 使用第二個寶特瓶（當作第二瓶），調整藥品用量，重複前述步驟 1-10，進行第二次實驗。
11. 本活動結束後，兩個寶特瓶（倒出自來水）繳回大會處，並由工作人員確認。寶特瓶內的殘留物將由工作人員統一處理。
12. 將所有器材和剩餘的藥品放入材料包中，交回到公共區域。

## B、評分標準

1. 本競賽項目的評分使用三種藥品越少量的總重量（W），能使汽球的體積（V）膨脹越大者得分越高；氣球膨脹效率（E），定義為三藥品的單位重量能使氣球膨脹的體積大小，亦即  $E = V \div W$ 。
2. 本競賽項目成績計算方式如下：
  - (1) 使用三種藥品的總重量（W）：檸檬酸與小蘇打的重量（ $W_1$ ）加上氧化鈣的重量（ $W_2$ ）。
  - (2) 汽球膨脹的體積（V）：氣球膨脹後加水後的重量（ $W_3$ ），若汽球膨脹的體積未達 100.0 g，則本競賽機會的成績不予計分。
  - (3) 氣球膨脹效率（E）： $E = V \div W$ ，單位 mL/g。取四捨五入至小數點後兩位。
  - (4) 成績計算方式：依照氣球膨脹效率（E）排序，E 值越大，得分越高。本競賽項目有兩次機會（兩個寶特瓶），取其中一次 E 值較大者進行排名和得分。

## 伍、參考資料

1. 理想氣體狀態方程式，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/理想氣體狀態方程式>。
2. 道爾頓分壓定律，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/道爾頓分壓定律>。
3. 化學示範實驗：氣球在密閉瓶中膨脹—亞佛加厥定律（Avogadro's Law），科學 Online，<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=14800>。
4. 化學示範實驗：氣球在密閉瓶中膨脹—亞佛加厥定律（Avogadro's Law），<https://www.youtube.com/watch?v=fFRSghnGcwg>。