



# 氣墊上的運動

設計老師：羅芳晁 老師

協助命題：吳原旭 老師

## 一、目的

日常生活中我們所看到的運動物體，如汽車、飛機、棒球等，均因空氣阻力的作用，而使它們費力的前進，所以大家無不費盡心機的設法去降低它的作用，但事實上氣體的存在對空氣中運動的物體也有許多正面的應用，例如火箭、噴射飛機、蒸氣機等，都是氣體產生的氣壓動力所帶給我們的成果。

從上述的正反對比可知，只要瞭解氣體的一些特性並善加利用時，我們便可將阻力變成助力，根據這一個想法便有了一組簡易又富趣味性的氣墊上運動競賽活動的設計，活動的操作中除了體驗氣壓原理的應用外，還可瞭解牛頓運動定律的內涵。

## 二、原理

物體沿另一物體之表面運動時都會受到摩擦力的作用，它的發生和接觸面的性質與垂直表面方向的接觸作用力有關，若將接觸表面拋光、抹油、墊上滾珠或形成一層氣墊、改變施力方式等均可降低其摩擦力，因此根據上述原因我們選用了圓柱形物體，例如用塑膠管或咖啡瓶做成一個可以在筒壁上往外噴氣的圓筒裝置，如果在噴氣筒外圍包上一段半徑較大的短圓柱體時，可藉著事先對噴氣方向作過的適當設計，使噴出的氣體除可在兩者間形成減少摩擦作用的氣墊外，亦能使短圓柱體產生轉動或移動的動力，這樣構想的活動不但容易製作也很好玩，從趣味的操作中，更可進行瞭解牛頓運動定律的各種實驗。

## 三、活動一：滑行圓筒

### (一)場地

每一組使用長3公尺、寬1公尺的平坦場地，場上放置長桌一張(長度大於120cm)；椅子一張，以便競賽者在桌面上安放競賽裝置，如圖1所示。

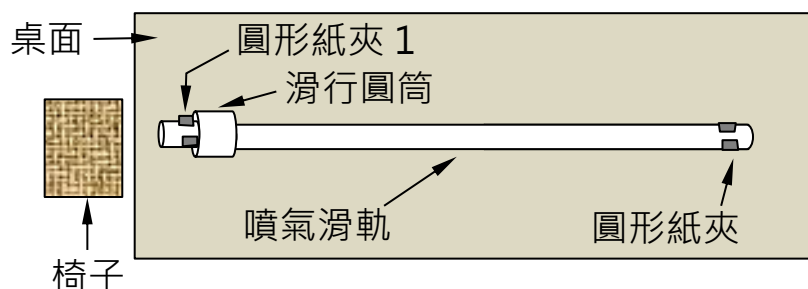


圖 1

## (二)使用材料

## 1. 大會提供

A4影印紙1張/組、A4銅版紙1張/組、1.5" 金屬圓形紙夾2支/組、外徑1cm長度120cm之PVC塑膠管3支/組、外徑1cm長度40cm之PVC塑膠管3支/組、內徑1cm長度20cm之軟性橡膠水管3條/組、公用課桌椅組( 長度大於120cm的桌子一張、椅子一張 ) 若干組。

## 2. 參賽者自備

自備材料：滑行圓筒用自選紙材（數量自決）薄雙面膠帶1捲、面紙1小包/組。

自備工具：如電子磅秤、剪刀、美工刀、礦泉水、打孔錐子、打火機、筷子等。

### (三)競賽說明

## 1. 操作方式

- (1) 參賽隊伍每位組員均需在競賽現場；使用規定材料與工具製作一組競賽用噴氣滑軌與 3 種紙材的滑行圓筒各一個，其中塑膠噴氣滑軌上的打孔數量、密度、位置、出氣方向可自行設計，不受限制。至於滑行圓筒的造形亦可自行設計；**但長度限定在 5cm 以上。**
- (2) 參賽隊伍每位組員製作完成後的組合如圖 2 所示。圖中  $K$  端為進氣口， $L$  為發射區起點， $M$  為得分區終點，而  $N$  端則應使用沾濕的面紙堵死，以防漏氣，至於圓形紙夾（簡稱紙夾支架）則是作為支持滑軌並維持水平之用。

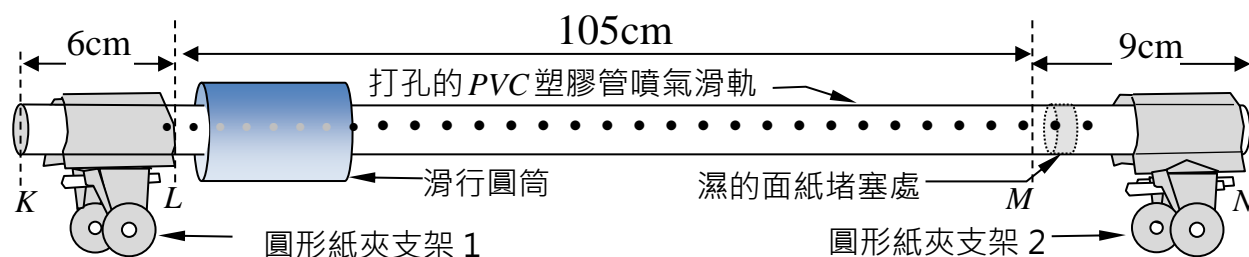


圖 2

- (3) 參賽者每人均需使用長度 40cm 之 PVC 塑膠管與長度 20cm 之橡膠水管製作一組如圖 3 的吹氣裝置，完成後將其 H 端套緊於圖 2 之噴氣滑軌的 K 端，而 G 端則於競賽時，放入口中作為吹氣端。(不可剪裁膠管或 PVC 管長度)

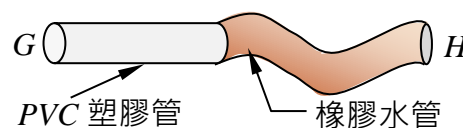


圖 3

- (4) 於競賽場地上放置的桌面上預先佈置畫好的計分區，其規劃如圖 4 所示，圖中  $S$  為發射區， $P$ 、 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  則為得分區。

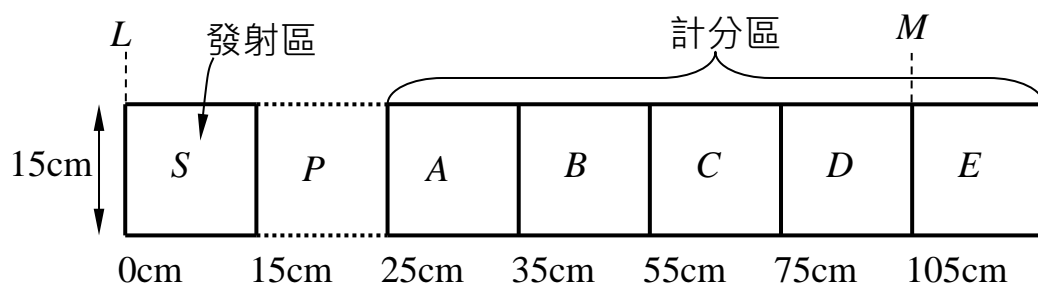


圖 4

- (5) 競賽時，各組組員拿著自己的競賽用滑軌裝置，並將三種滑行圓筒稱重記錄為 V 後放置於指定位置，在等候區內聽候裁判之指揮再輪番上場。上場時，先領取自己的第一個滑行圓筒套入滑軌中，然後在繪有計分區的桌面上，先將接受噴氣裝置之噴氣滑軌兩端的支架自行調整於方便操作之適當位置，再把它架設於競賽桌面上的計分區內，架設時應注意使軌道呈水平狀態，最後才將滑行圓筒移至發射區內，上述程序準備完成後，即可向裁判出聲高喊「完成發射預備」之口號，接著等待裁判喊出「發射」之口令後，才可用噴氣裝置將滑行圓筒吹送向前滑出。於第一棒操作完成後，依序站在 S 區外之第二棒、第三棒緊接以相同方式接力進行。本項接力操作共計循環三次，每位組員依序將自製的三個滑行圓筒滑出，作為競賽成績。

## 2. 計分方式

- (1) 競賽時，以滑行圓筒之前端或後端一口吹氣滑行停止所抵達之位置，依下述評審標準，作為每次之得分依據。
- (2) 各計分區之分數依表 1 所列，評審評定標準如下：
- ①除 E 區以外，均以滑行圓筒尾端抵達所在區域，作為該次得分記錄。
  - ②滑行圓筒尾端抵達位置壓線或難以區分界區時，以較高分數計算。
  - ③競賽者未使用規定裝置或借用他人裝置時，視同違規，成績以 0 分計算。
  - ④開始發射時若滑行圓筒超越發射區界，視同違規，成績以 0 分計算。
  - ⑤**滑行圓筒停止後**，再吹氣前進時，視同違規，成績以 0 分計算。(意指只要停留，就不能再吹氣)
  - ⑥滑行圓筒前端一旦超越 E 區界線以外，一律以 E 區計分。
  - ⑦發射裝置必須以紙夾為支架，不得用手或其他方法作為支撐，故違者，該次以零分記入。
  - ⑧競賽中若有滑軌前傾現象，該次成績以 0 分記入。

表 1

區 號	P	A	B	C	D	E	違規
分 數	1	3	6	12	24	48	0

- (3) 每組競賽之總時間共計 4 分鐘，逾時部分不列入計分。
- (4) 每位隊員均需上場參賽，不得頂替，違規者成績以 0 分計算。

- (5) 得分記錄如表 2，其中  $R_{11}$ 、 $R_{12}$ 、 $R_{13}$ ； $R_{21}$ 、 $R_{22}$ 、 $R_{23}$ ； $R_{31}$ 、 $R_{32}$ 、 $R_{33}$  分別代表三位隊員各次得分點數； $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  代表三個滑行圓筒之總重量。若取  $U_1 = (R_{11} + R_{12} + R_{13})$ ； $U_2 = (R_{21} + R_{22} + R_{23})$ ； $U_3 = (R_{31} + R_{32} + R_{33})$ ，則最後全隊在活動一所得總分  $T_1 = U_1 V_1 + U_2 V_2 + U_3 V_3$ 。
- (6) 將各隊活動一所得總分  $T_1$  按高低順序排列後，依六等第計分法（見表 4）計分，得活動一之成績  $X$ 。

表 2

第一棒	第一次操作	$R_{11}=$	$V_1=$ $U_1= (R_{11}+R_{12}+R_{13})$ $=$
	第二次操作	$R_{12}=$	
	第三次操作	$R_{13}=$	
第二棒	第一次操作	$R_{21}=$	$V_2=$ $U_2= (R_{21}+R_{22}+R_{23})$ $=$
	第二次操作	$R_{22}=$	
	第三次操作	$R_{23}=$	
第三棒	第一次操作	$R_{31}=$	$V_3=$ $U_3= (R_{31}+R_{32}+R_{33})$ $=$
	第二次操作	$R_{32}=$	
	第三次操作	$R_{33}=$	
活動一總分		$T_1=U_1 V_1+ U_2 V_2+ U_3 V_3$ 。	

## 四、活動二：旋轉的圓筒

### (一)場地

每一組在競賽場地的水平面上，放置一組學生課桌椅作為競賽區。

### (二)使用材料

#### 1. 大會提供

長度20cm外徑1cm之PVC塑膠管1支/組、A4/13K27孔活頁方格紙1張/人、寬15mm長30cm之單導電鋁箔膠帶反光片12片/隊、內徑1cm長度80cm之透明塑膠水管3段/組、長50cm寬36cm塑膠袋6個/組、每一競賽區配置一個共用的DT-2234C+轉速測量儀。

#### 2. 參賽者自備

(1) 自備材料：高度約17cm；直徑5.25cm之圓柱型含蓋之塑膠咖啡瓶1個/組、直徑12cm之光碟片6片/組、長50cm寬36cm之塑膠瓦楞板3片/組、薄雙面膠帶1小捲/組、寬24mm長度50cm之雙面泡棉膠帶1段/組、油黏土1塊/組、寬度5cm透明膠帶1小捲/組、寬度1.8cm電工膠帶1小捲/組。

(2) 自備工具：剪刀、美工刀、錐子等。

### (三)競賽說明

#### 1. 操作方式

- (1) 利用大會提供的材料以規定的自備工具，在規定的時間內；整組共同製作一組以噴氣方式旋轉圓筒之競賽裝置，另外每位參賽者均需自行以方格紙製作一個旋轉紙圓筒。
- (2) 噴氣裝置參考圖5，首先在咖啡瓶壁中段區域；平行於主軸方向沿著圓柱壁面周圍鑽出等間隔的小孔（範圍與孔數自訂），在鑽孔時，宜把錐子依順時鐘或逆時鐘方向往同一側傾斜，方可以形成角度方向相同的傾斜小孔。於打完小孔後另在瓶蓋中央鑽一個直徑約1cm的大圓孔；再把PVC塑膠管插入瓶內，最後用黏土填補圓孔縫隙以防漏氣，完成後如圖（a）所示。
- (3) 用A4方格紙，做一個長度大於8cm；直徑比瓶圍粗的紙圓筒（長度與直徑大小自訂），再把紙圓筒外表平行於主軸方向等間隔的貼上4條寬度15mm之鋁箔反光片，完成後如圖5（b）所示。

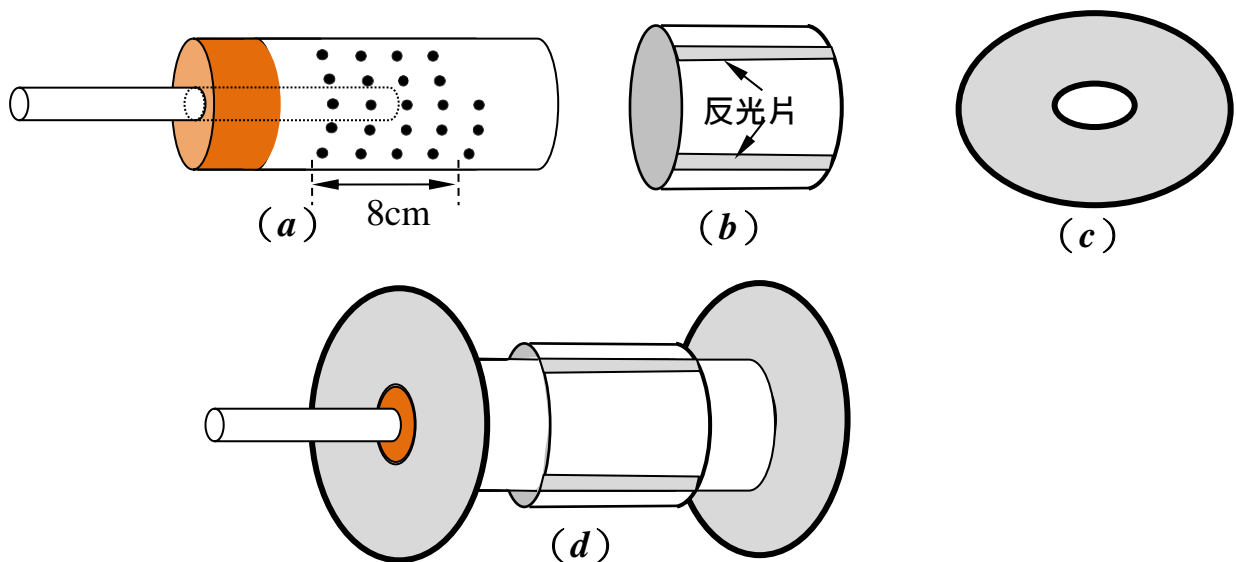


圖 5

- (4) 將圖5（c）之兩光碟片各貼妥厚雙面膠帶，然後將圓心對準分別貼於瓶底與瓶蓋上，操作時先把紙圓筒套於咖啡瓶上，再鎖緊瓶蓋如圖5（d），便完成了噴氣圓筒裝置。
- (5) 使用時，在水平桌面上用手拿方式固定好裝置，再通過塑膠瓦楞板擠壓吹氣裝置，向瓶內送入空氣，氣體經瓶壁噴出，若方向與力的作用配合得宜，便可使紙圓筒穩定順利的旋轉起來。
- (6) 吹氣裝置設施的組合，參考圖6(a)→（b）→(c)之順序，先把塑膠袋鋪平於桌面上，再於開口端袋面之一用透明膠帶一半寬度黏貼，然後將塑膠管一端沿著邊緣位置插入塑膠袋內，接著才把膠袋用另半面膠帶封起來，為求邊緣位置的塑膠管與塑膠袋的密封完整可靠，最後另外使用電工塑膠帶纏繞如圖(c)所示。

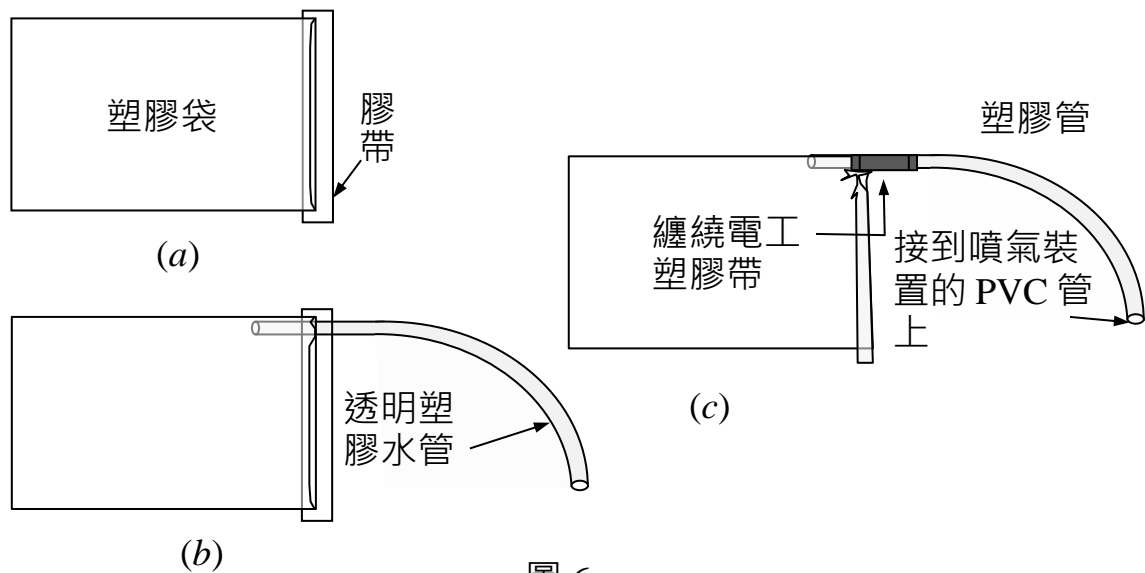


圖 6

- ( 7 ) 競賽預備時，各組隊員應先將自己的紙圓筒與瓦楞板交給裁判審視，再拿著自己的吹氣裝置，在等候區內接受裁判指揮依序輪番上場。
- ( 8 ) 競賽開始時，在裁判的指令下，三位組員同時上場各司其職，第一位負責頻率測量、第二位負責手扶噴氣裝置、第三位負責吹氣裝置的操控。
- ( 9 ) 三位組員就位後，第一位組員即可將自己的紙圓筒套入噴氣裝置內；並把反光片之一調整對準自行操控的轉速儀，再靜待競賽指令下達。於裁判號令競賽開始後，三位參賽組員才可各司其責開始操作，當擠壓吹氣裝置開始往噴氣裝置內吹氣時，若負責轉速儀組員能適時配合的按下轉速儀之開關，即可紀錄紙圓筒的旋轉頻率，取此頻率最大值作為本競賽的成績之依據。( 注意：反光要能反射回到發射口，才有記錄功能 )
- ( 10 ) 競賽計時內，主動用手或其他工具之觸碰以協助旋轉者，該次以0分計算。
- ( 11 ) 每位參賽者應以同一個塑膠袋內的氣體連續擠壓吹氣操作三次，但應注意每次操完成作時；其頻率記錄需由裁判審視後抄錄下來方可刪除，再接著進行下一次之操作。若自行刪除，致使裁判無法審視記錄時，該次以零分計算。
- ( 12 ) 三次操作完成後應高喊『操作完成』，然後放下轉速儀並確認記錄方可離位並輪換到另一操作職位。
- ( 13 ) 每一組應進行上述方式的競賽操作共三個循環，但組員在每一循環中均應擔任不同的操作項目，違規者該次成績以0分計。
- ( 14 ) 活動二之每組競賽總時間共計6分鐘，計時結束時，競賽者應立即放下轉速儀，停止操作，故違者逾時部分不列入計分。
- ( 15 ) 吹氣裝置的塑膠袋若在操作過程中破損，禁止修補，僅能於現場立即製作一組新的吹氣裝置 ( 不得事前做好 )。

## 2. 計分方式

- ( 1 ) 每組競賽之總時間共計6分鐘，逾時部分不列入計分。
- ( 2 ) 每位隊員均需上場參賽，不得頂替，違規者成績以0分計算。

- (3) 以紙圓筒轉動的最高平均頻率數作為得分依據，其計算遵循下述規則：
- ① 競賽指令未下而提前擠壓吹氣者，以0分計算。
  - ② 競賽計時停止後擠壓吹氣者，該次以0分計算。
  - ③ 競賽計時內，用手或其他工具之觸碰以協助旋轉者，該次以0分計算。但觸碰原因非手部刻意所致者，該次成績照算。
  - ④ 將轉速儀每次擠壓吹氣測得的頻率值除以4，才是圓筒的平均轉速，故取此值作為該次之得分成績。
- (4) 得分記錄如表3，其中 $N_{11}$ 、 $N_{12}$ 、 $N_{13}$ ； $N_{21}$ 、 $N_{22}$ 、 $N_{23}$ ； $N_{31}$ 、 $N_{32}$ 、 $N_{33}$ 分別代表三位隊員各次吹氣所測得之頻率值（尚未除以4）。今若取 $W_1 = (N_{11} + N_{12} + N_{13})$ ； $W_2 = (N_{21} + N_{22} + N_{23})$ ； $W_3 = (N_{31} + N_{32} + N_{33})$ ，則最後全隊在活動二所得之總分即為 $T_2 = (W_1 + W_2 + W_3) \div 4$ 。
- (5) 將各隊活動二所得總分 $T_2$ 按高低順序排列後，依六等第計分法（見表4）計分，得活動二之成績 $Y$ 。

表 3

第一棒	第一次操作	$N_{11}=$	$W_1= ( N_{11} + N_{12} + N_{13} )$ =
	第二次操作	$N_{12}=$	
	第三次操作	$N_{13}=$	
第二棒	第一次操作	$N_{21}=$	$W_2= ( N_{21} + N_{22} + N_{23} )$ =
	第二次操作	$N_{22}=$	
	第三次操作	$N_{23}=$	
第三棒	第一次操作	$N_{31}=$	$W_3= ( N_{31} + N_{32} + N_{33} )$ =
	第二次操作	$N_{32}=$	
	第三次操作	$N_{33}=$	
活動二總分		$T_2= ( W_1 + W_2 + W_3 ) \div 4=$	

## 五、競賽時間

- (一) 製作：活動的製作與測試時間（含說明及領取材料）共 30 分鐘。本項競賽必需在 70 分鐘內完成，含準備、全部組別闖關、計分。
- (二) 評審：

表 4：六等第計分法

名次	一	二	三	四	五	六
隊數	1	3	8	12	16	其它
得分	30	21	15	12	9	6

## 六、評等

- (一) 活動一之成績 $X$ 與活動二之成績 $Y$ 相加得 $Z$ ，即 $Z = X + Y$ 。
- (二) 將所有參賽隊伍所得之 $Z$ 值再以六等第計分法排序，得最高分者為本項優勝，若最高分不只一隊時，則以活動一六等第最佳者獲得單項優勝獎，若遇活動一六等第分數相同，則以原活動一原始分數最佳者為單項優勝，若再遇活動一原始分數相同，則以活動二六等第最佳分數者為單項優勝。

## 七、給評分者的建議

### (一) 檢查事項

#### 1. 活動一

- (1) 檢查材料是否變造或非大會所發給的規格。
- (2) 檢查組裝零件是否使用規定以外的材料。
- (3) 檢查架設於得分區內之噴氣滑軌是否為水平狀態。

#### 2. 活動二

- (1) 檢查咖啡瓶內是否有違規添加物。
- (2) 檢查打孔區的尺寸是否符合規格。
- (3) 檢查紙圓筒是否符合規格。
- (4) 檢查反光片是否合乎規定。

#### 3. 檢查未通過者，可在 3 分鐘內補全 ( 該隊比賽延後兩輪 )，否則取消該項目未通過者的參賽資格。

### (二) 學生比賽操作過程中應注意事項

#### 1. 比賽活動一

- (1) 噴氣滑軌應以紙夾支架水平支撐並靜置於競賽桌面的競賽區內，操作時若有拋甩與震動等動作，視同違規，且該次以零分記入。
- (2) 每一次違規時裁判需向參賽者做明確的口頭宣告。

#### 2. 比賽活動二

- (1) 競賽時不得有拋甩、震動、轉動咖啡瓶的動作，也不得刻意觸碰紙圓筒，違規者該次以零分記入。
- (2) 每一次違規時裁判需向參賽者做明確的口頭宣告。

### (三) 節省時間：活動一與活動二的評審要同時進行。

## 八、給競賽者的建議

- (一) 請參考「給評分者的建議」，確實做到符合各檢查項目及操作時應注意事項。
- (二) 活動一與活動二的器材均容易取得 ( 若無法取得，請洽遠哲科學教育基金會高振翔先生，電話2363-3118#14 )，因此可以在家事先勤加演練，方能在競賽時獲取佳績。



## 九、材料及工具總表

名稱	品名	規格	數量	備註
活動一	A4 影印紙 A4 銅版紙 金屬圓形紙夾 PVC 塑膠管 PVC 塑膠管 軟性橡膠水管	80P ( 80g/m <sup>2</sup> ) 150P ( 150g/m <sup>2</sup> ) 1.5" (3.81cm) 外徑 1cm 長度 120cm 外徑 1cm 長度 40cm 內徑 1cm 長度 20cm	每組 1 張 每組 1 張 每組 2 支 每組 3 支 每組 3 支 3 條/組	大會提供
	滑行圓筒用自選紙材 薄雙面膠帶 面紙 電子磅秤、剪刀、美工刀、 礦泉水、打孔錐子、打火機、 筷子、練習用材料等	需紙製其它不限 寬約 0.5cm 一般 自選	自行決定 每組 1 捲 每組 1 小包	組員自備
活動二	PVC 塑膠管 方格紙 單導電鋁箔膠帶反光片 透明塑膠水管 透明塑膠袋 透明膠帶 電工膠帶 共用轉速儀	長度 20cm 外徑約 1cm A4/13K27 孔活頁紙 寬 15mm 長 30cm 內徑 1cm 長度 80cm 長 50cm 寬 36cm 寬度 5cm 寬度 1.8cm DT-2234C <sup>+</sup>	每組 1 支 每組 1 張 每組 12 片 每組 3 支 每組 6 個 每組 1 小捲 每組 1 小捲 每場地 1 個	大會提供
	自備圓柱型含蓋塑膠咖啡瓶 光碟片 塑膠瓦楞板 薄雙面膠帶 雙面泡棉膠帶 油黏土 剪刀、美工刀、打孔錐子、 練習用材料等	高度約 17cm 直徑 5.25cm 直徑 12cm 長 50cm 寬 36cm 寬約 0.5cm 寬 24mm 長度 50cm 一般 自選	每組 1 個 每組 6 片 3 片/組 活動一共用 每組 1 片 每組 1 塊 自行決定	組員自備