

懸崖勒馬

戴振堯、謝迺岳、羅芳晁

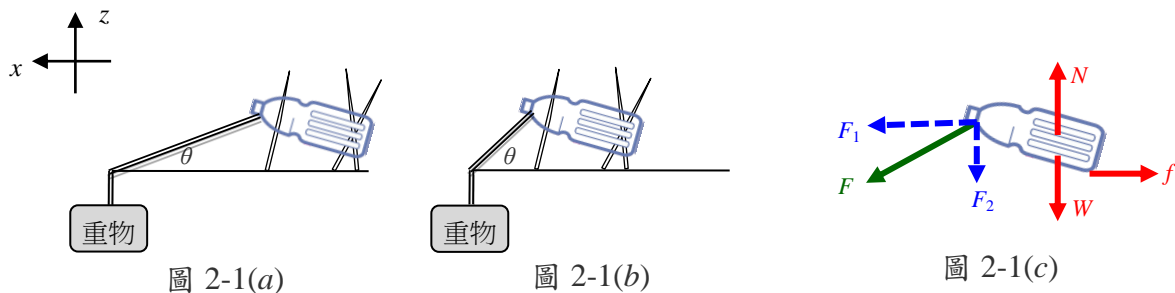
一、目的

依據牛頓第一運動定律可知：運動中的物體若所受外力合為零，則物體維持等速度運動。但現實生活中存在著各種的摩擦力、阻力，運動中的物體若受與運動方向相反之摩擦力作用，可能會減速而停止。

本活動利用重物產生拉力使物體加速，同時藉由摩擦力使物體減速，透過活動操作的過程中，以不同的作用力之效果，了解力的效應與原理，並分析物體運動與平衡的條件。

二、原理

(一) 活動一 垂直勒馬



活動一係利用保特瓶小馬在垂直於水平面方向上的作用力變化，達到懸崖勒馬的效果。原理如下：

1. 保特瓶小馬放置於水平軌道上，前端繫上一繩，繩的另一端繫上重物，並將繩靠在軌道邊緣，使重物端下垂，保特瓶小馬放置與軌道邊緣相隔一段距離，如圖 2-1(a)所示。
2. 保特瓶小馬的受力情形如圖 2-1(c)所示。其中， W 為保特瓶小馬的總重量， N 為正向力， F 為繩張力， F_1 為 F 之水平分量， F_2 為 F 之垂直分量， f 則為保特瓶小馬所受到的摩擦力。此時繫繩與水平方向夾角為 θ 。
3. 保特瓶小馬受到 F_1 作用前進，受到 f 作用而減速。隨著保特瓶小馬向軌道邊緣前進，夾角 θ 逐漸增加，如圖 2-1(a) \rightarrow (b)所示。
4. 沿水平方向 x 軸上，隨著夾角 θ 增加， F_1 逐漸減小，保特瓶小馬向前的加速效果隨之減小。
5. 沿垂直方向 z 軸上，隨著夾角 θ 增加， F_2 逐漸增加，使得 N 增加， f 亦隨之增加，故保特瓶小馬的運動狀態從向前加速逐漸變成減速，最後漸趨停止。

(二) 活動二 水平勒馬

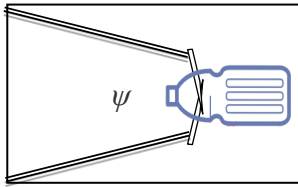
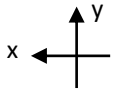


圖 2-2(a)

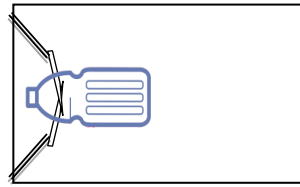


圖 2-2(b)

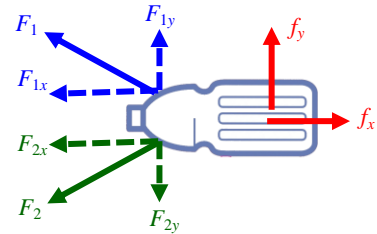


圖 2-2(c)

活動二係利用保特瓶小馬在水平面上的作用力變化，達到懸崖勒馬的效果。原理如下：

1. 保特瓶小馬前端繫上兩繩，繩的另一端各繫上重物，並將兩繩靠在軌道邊緣，繩維持在水平方向，兩繩之間的夾角為 ψ ，保特瓶小馬放置位置與軌道邊緣相隔一段距離，如圖 2-2(a) 所示為俯視圖。
2. 保特瓶小馬的受力情形如圖 2-2(c) 所示。其中， F_1 、 F_2 為兩繩上的張力， F_1 、 F_2 在水平面之 x 軸方向上的分量依序為 F_{1x} 、 F_{2x} ，在同一水平面上垂直於 x 軸之 y 軸方向上的分量依序為 F_{1y} 、 F_{2y} ， f_x 、 f_y 為保特瓶小馬所受到 x 、 y 方向的摩擦力。
3. 保特瓶小馬受到 F_1 、 F_2 的 x 方向分量 F_{1x} 、 F_{2x} 作用而前進，受到 f_x 作用而減速。隨著保特瓶小馬向軌道邊緣前進，夾角 ψ 逐漸增加，如圖 2-2(a) → (b) 所示。
4. 水平面之 x 軸方向上，隨著夾角 ψ 增加， F_{1x} 、 F_{2x} 逐漸減小，保特瓶小馬向前的加速效果減小， f_x 使得保特瓶小馬在 x 方向減速停止。
5. 水平面之 y 軸方向上，隨著夾角 ψ 增加， F_{1y} 、 F_{2y} 逐漸增加。若 $F_{1y} < F_{2y}$ ，則存在 f_y 使得保特瓶小馬在 y 方向亦減速停止。

三、活動一 垂直勒馬

(一) 場地需求

每一組場地：長條桌一張，垂直高度至少 70cm。

(二) 使用器材

1. 大會：PP 塑膠瓦楞板（厚度 3mm，寬 50cm，長 90cm）1 片、細線（手縫線或車縫線）長度若干、六角螺帽（5/16"，重量介於 0.3gw~0.4gw）40 個
2. 自備：保特瓶（容量 500~700 毫升）1 個、竹籤（直徑小於 3mm，長度小於 8 吋）數支、載重容器（試飲杯、紙杯、小型容器或置物袋）1 個

(三) 計分軌道製作說明

1. 取桌面高度 70cm 以上之桌子，軌道固定於桌面上，桌面須保持水平。桌子僅做為固定軌道之用，不可影響懸掛之重物，故軌道末端須超出桌面邊緣，但不可超出太多，使軌道在活動進行中能維持水平。
2. 計分軌道
 - (1) 如圖 3-1 所示，取一寬 50cm，長 90cm 之塑膠瓦楞板，瓦楞板裁切時須使瓦楞板上紋路與長邊平行，使得瓦楞板側面的縫隙開口朝向寬邊。
 - (2) 裁切 14 支長 5cm 之竹籤，從瓦楞板側邊的縫隙插入，若竹籤太粗，插入後造成軌道表面凸起，則須適當地削細竹籤，使竹籤恰能嵌入細縫而不會掉出來。竹籤 2cm 的長度凸出板的邊緣，此部分稱為 A 區，不列入計分範圍。
 - (3) 間隔 9 個縫隙插入一根竹籤，共插入 14 支竹籤，使得 A 區形成 15 個間隔。

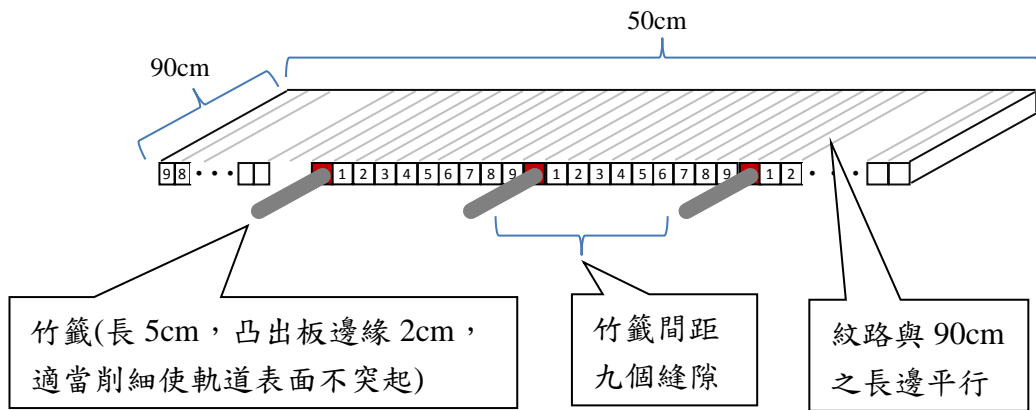


圖 3-1、計分軌道之結構

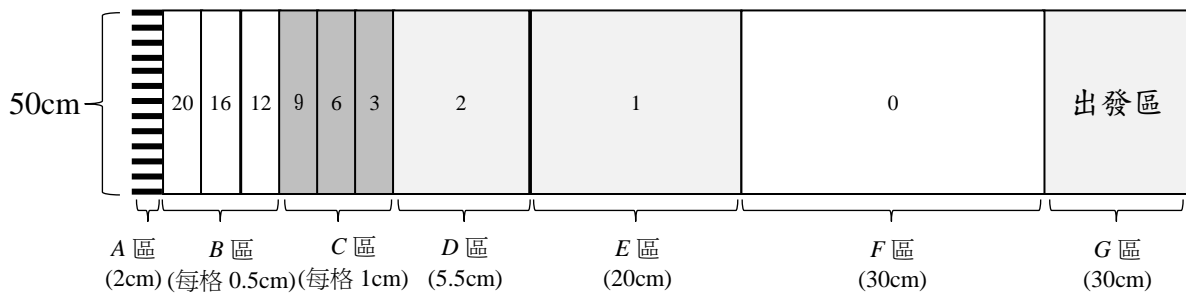


圖 3-2、計分軌道之配分

- (4) 瓦楞板上標示得分區，數字代表得分，如圖 3-2 所示。B 區每 0.5cm 標示為一個區塊，C 區每 1cm 標示為一個區塊，D 區為 5.5cm 之區塊，E 區為 20cm 之區塊，F 區為 30cm 之區塊。各區塊之配分如圖 3-2 所示。
- (5) G 區為 30cm 之區塊，保特瓶小馬由此區出發，出發時除了細線和懸掛之重物外，保特瓶小馬的前腳和瓶口不可超過出發區。
- (6) 活動一與活動二使用同一軌道進行競賽。

(四) 活動一的保特瓶小馬製作說明

保特瓶的結構如圖 3-3 所示，保特瓶小馬製作方式如下：

1. 取一隻竹籤，從瓶身的上半部適當位置插入，作為保特瓶小馬的前腳。竹籤插入的位置與瓶口距離需小於 10cm，竹籤的鈍端朝下。
2. 取兩隻竹籤，從瓶身的下半部適當位置插入，作為保特瓶小馬的後腳。保特瓶不需瓶蓋，欲增加重量之螺帽可直接投入瓶中，或套在竹籤上。
3. 完成的保特瓶小馬放置於水平面時，前腳朝向前端，保特瓶瓶身不可與軌道面接觸，如圖 3-4 所示。
4. 保特瓶小馬的結構只限使用三支竹籤，除螺帽、保特瓶和細線外，竹籤上不可加上異物，造成接觸面性質改變。
5. 取適當長度之細線，一端綑綁於保特瓶的撐環與瓶身之間，另一端繫上一個載重容器，載重容器內可投入螺帽以增加拉力。
6. 細線長度之限制：當保特瓶小馬位於出發區時，載重容器須完全垂落於軌道之外；當保特瓶小馬的前腳置於軌道終點時，載重容器不可與地面接觸，避免活動過程中，當小馬尚未抵達軌道末端時，重物已經落地。

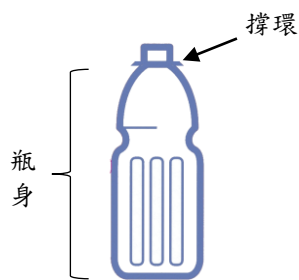


圖 3-3、保特瓶示意圖

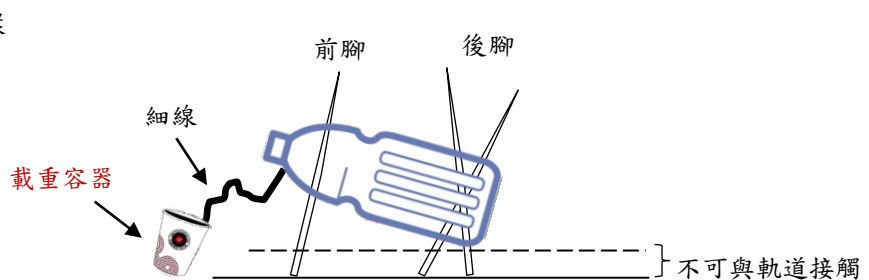


圖 3-4、活動一的保特瓶小馬示意圖

(五) 活動一競賽說明

1. 如圖 3-5 所示，保特瓶小馬和載重容器內放置數量若干的螺帽，保特瓶小馬放置於出發區，調整細線位置，細線靠在軌道邊緣，使細線懸掛重物端自然下垂，讓細線呈繃緊狀態，待載重容器靜止不晃動後，才可鬆手使保特瓶小馬出發。調整過程可與隊員合作，出發前的調整時間為 30 秒，時間結束時須立刻鬆手讓小馬自由滑動。

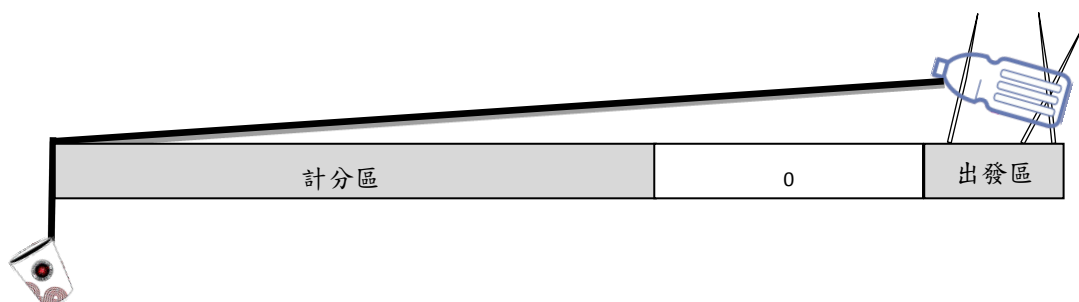


圖 3-5、活動一的寶特瓶小馬操作示意圖（側視）

2. 活動一總共分三次闖關：

- (1) 第一次闖關時，保持瓶小馬不添加螺帽，放手之後，待保持瓶小馬完全停止運動，記錄最前端的竹籤所在位置區塊之分數為 A_1 。
 - (2) 第二次闖關時，添加三個螺帽於保持瓶小馬上，其餘同步驟 2，記錄分數為 A_2 。
 - (3) 第三次闖關時，再添加三個螺帽，使保持瓶小馬上有六個螺帽，其餘同步驟 2，記錄分數為 A_3 。
3. 每次闖關前皆可自由調整小馬的結構、載重容器內的螺帽數目，亦可改變細線與軌道的接觸位置。
4. 若停止時前腳壓線，則以低分計算。例如：若前腳停在 20 分與 16 分的交界線上，則記為 16 分。
5. 三次分數加總為活動一之總分。

(六) 注意事項

1. 自備的保持瓶上不可做記號，表面包裝請移除，經大會檢查之後，方可進行製作。
2. 瓶身與軌道面不可接觸，違者該次不計分。
3. 出發前，保持瓶小馬之前、後腳和瓶口不可超過出發位置，違者不計分。
4. 出發時只能有一個隊員手握保持瓶小馬，其他隊員可在軌道末端適當距離處待命，若保持瓶小馬衝出軌道時，可適時地接住，以免結構損壞。三次闖關須由三位組員分別上場持小馬進行闖關。
5. 手握小馬的隊員只能鬆手讓小馬自由滑動，不可推動小馬，或施力拉扯載重容器。
6. 保持瓶小馬在運動過程中傾倒者，該次記為零分。
7. 保持瓶小馬完全停止時，前腳超出的軌道範圍(50cm×90cm)者，該次記為零分。
8. 因竹籤的尖端較為尖銳，參賽者可以自行決定，在竹籤末端黏貼膠帶，以策安全。

四、活動二：水平勒馬

(一) 場地需求

與活動一使用相同場地。

(二) 使用器材

1. 大會：PP 塑膠瓦楞板（厚度 3mm，寬 50cm，長 90cm）1 片、細線（手縫線或車縫線）長度若干、六角螺帽（5/16"，重量介於 0.3gw~0.4gw）40 個
2. 自備：保持瓶（容量 500~700 毫升）1 個、竹籤（直徑小於 3mm，長度小於 8 吋）數支、載重容器（試飲杯、紙杯、小型容器或置物袋）2 個

(三) 活動二的保特瓶小馬製作說明

保特瓶的結構如圖 4-1 所示，保特瓶小馬製作方式如下：

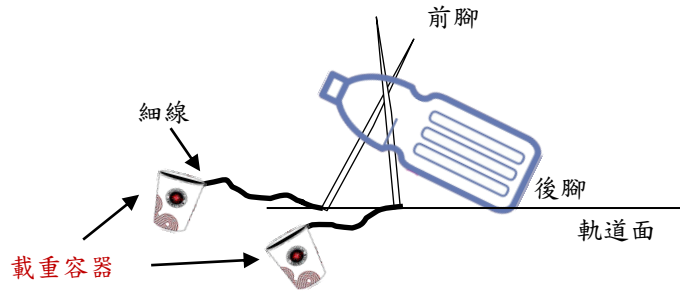


圖 4-1、活動二的寶特瓶小馬示意圖

1. 取兩隻竹籤，從保特瓶的上半部適當位置插入，作為保特瓶小馬的前腳。竹籤插入的位置與瓶口距離需小於 10cm，竹籤的鈍端朝下。
2. 保特瓶小馬放置於水平面時，保特瓶的瓶底直接靠在水平面作為後腳。保特瓶不需瓶蓋，欲增加重量之螺帽可直接投入瓶中，或套在竹籤上。
3. 保特瓶小馬的結構只限使用兩支竹籤，除螺帽、保特瓶和細線外，竹籤上不可加上異物，造成接觸面性質改變。
4. 取兩條適當長度之細線，分別繫在兩隻前腳上，細線另一端分別繫上載重容器，載重容器內可投入螺帽以增加拉力。細線長度限制同活動一。
5. 細線需繫在前腳的下端貼近軌道面的位置，繫線位置距軌道面之垂直高度不可超過 0.5cm，活動中細線不可脫落，故可先在竹籤末端劃上凹痕後，再綁上細線，但不可使用其他物體固定細線，如：膠帶、黏土等。

(四) 活動二競賽說明

1. 使用活動一의 同一軌道，將保特瓶小馬放置於出發區，細線分別靠在軌道邊緣的凹槽內，使細線懸掛重物端自然下垂，如圖 4-2 所示。

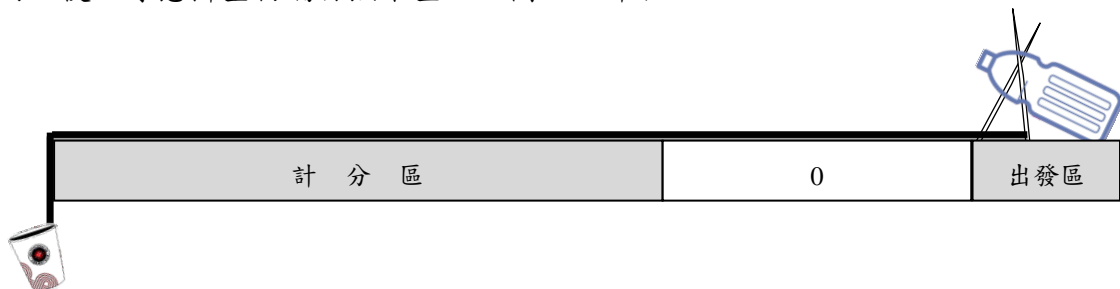


圖 4-2、活動二的寶特瓶小馬操作示意圖（側視）

2. 保特瓶小馬和載重容器內放置數量若干的螺帽，兩個載重容器內螺帽數目可以不同。
3. 保特瓶小馬放置於出發區，兩細線分別靠在軌道末端的不同竹籤上，使兩細線之間存在一夾角，且細線與軌道的兩個接觸點能保持固定距離，如圖 4-3。
4. 細線靠在軌道邊緣，使細線懸掛重物端自然下垂，使細線呈繃緊狀態，待載重容器靜止不晃動後，才可鬆手使保特瓶小馬出發。調整過程可與隊員合作，出發前的調整時間為 30 秒，時間結束時須立刻放手讓小馬出發。

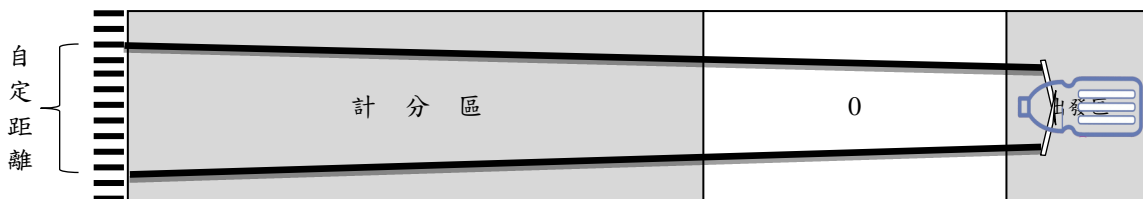


圖 4-3、活動二的寶特瓶小馬操作示意圖（俯視）

6. 活動二總共分三次闖關：
- (1) 第一次闖關時，保特瓶小馬不添加螺帽，放手之後，待保特瓶小馬完全停止運動，記錄最前端的竹籤所在位置區塊之數字為 B_1 ，兩個載重容器內螺帽數目的差值為 N_1 。
 - (2) 第二次闖關時，添加三個螺帽於保特瓶小馬上，其餘同步驟 2，記錄分數為 B_2 ，兩個載重容器內螺帽數目的差值為 N_2 。
 - (3) 第三次闖關時，再添加三個螺帽，使保特瓶小馬上有六個螺帽，其餘同步驟 2，記錄分數為 B_3 ，兩個載重容器內螺帽數目的差值為 N_3 。
5. 每次闖關前皆可自由調整小馬的結構、載重容器內的螺帽數目，亦可改變細線與軌道的接觸位置。
6. 若停止時前腳壓線，則以低分計算。例如：若前腳停在 20 分與 16 分的交界線上，則記為 16 分。
7. 活動二之總分 $B = B_1 \times (N_1 + 1) + B_2 \times (N_2 + 1) + B_3 \times (N_3 + 1)$ 。

(五) 注意事項

1. 自備的保特瓶上不可做記號，表面包裝請移除，經大會檢查之後，方可進行製作。
2. 出發前，保特瓶小馬之前、後腳和瓶口不可超過出發位置，違者不計分。
3. 出發時只能有一個隊員手握保特瓶小馬，其他隊員可在軌道末端適當距離處待命，若保特瓶小馬衝出軌道時，可適時地接住，以免結構損壞。三次闖關須由三位組員分別上場持小馬進行闖關。
4. 手握小馬的隊員只能鬆手讓小馬自由滑動，不可推動小馬，或施力拉扯載重容器。
5. 保特瓶小馬在運動過程中傾倒者，該次記為零分。
6. 保特瓶小馬完全停止時，前腳超出的軌道範圍(50cm×90cm)者，該次記為零分。
7. 因竹籤的尖端較為尖銳，參賽者可以自行決定，在竹籤末端黏貼膠帶，以策安全。

五、競賽時間

- (一) 製作：活動一、二的製作與測試時間（含說明及領取材料）共 30 分鐘。
- (二) 評審：活動一、二，同組依序進行，每次闖關前有 2 分鐘的時間調整裝置和準備，時間結束即不可再調整，並立刻放手進行闖關。每次闖關時間為 20 秒，待評審記錄分數後，統一下達指示，方可再進行下一次闖關前的調整動作。
- (三) 注意事項：本項競賽必需在 60 分鐘內完成。

六、活動成績

(一) 記分

1. 活動一分三次闖關，記錄 A_1 、 A_2 、 A_3 ，得分為 $A=A_1+A_2+A_3$ 。
2. 活動二分三次闖關，記錄 B_1 、 N_1 、 B_2 、 N_2 、 B_3 、 N_3 ，得分為 $B=B_1 \times (N_1+1) + B_2 \times (N_2+1) + B_3 \times (N_3+1)$ 。
3. 活動一與活動二，分別以得點高低排序後以六等第計分，最後將兩部份的分數相加即為本項目總分。最高分者若不只一隊則以活動二得分較佳者為第一名。

(二) 記分總表

活動	闖關	寶特瓶 小馬內 螺帽數	計分區		得分與等第	總分
活 動 一	第一次	0	$A_1=$		$A=A_1+A_2+A_3=$ 等第：	
	第二次	3	$A_2=$			
	第三次	6	$A_3=$			
活 動 二	第一次	0	$B_1=$	$N_1=$	$B=B_1 \times (N_1+1) + B_2 \times (N_2+1) + B_3 \times (N_3+1)$ = 等第：	
	第二次	3	$B_2=$	$N_2=$		
	第三次	6	$B_3=$	$N_3=$		

(三) 六等第計分法

名次	一	二	三	四	五	六
隊數	1	3	6	10	15	其它
得分	30	21	15	12	9	6

七、活動三 創意勒馬

(一) 競賽製作

1. 使用其他材料，製作具有懸崖勒馬效果之小馬，並展示其效果。
2. 使用其他施力方式、操作技巧或藉由其他器材協助，達到懸崖勒馬效果。
3. 想出其他新的玩法。

(二) 評審標準：功能 25%、造型 25%、創意 25%、說明書 25%

(三) 說明書

1. 說明書字數：200 字以內。
2. 說明書以兩張 A4 紙內完成，用文字、附圖或照片說明設計原理、功能及特點，於報到時一併繳交。

(四) 活動三創意競賽成績不併入大會獎計分，另予頒發數名創意獎。

八、材料總表

名稱	品名	規格	數量	備料
活動一	PP塑膠瓦楞板	厚度 3mm，寬 50cm，長 90cm（與活動二共用）	1片	大會
	細線	手縫線或車縫線（與活動二共用）	若干	
	六角螺帽	5/16"，材質不限（與活動二共用）	40 個	
	載重容器	試飲杯、紙杯、小型容器或置物袋	1 個	自備
	保特瓶	容量 500~700 毫升，形狀不限	1 個	
竹籤	直徑小於 3mm，長度小於 8 吋	數支		
活動二	PP塑膠瓦楞板	厚度 3mm，寬 50cm，長 90cm（與活動一共用）	1片	大會
	細線	手縫線或車縫線（與活動一共用）	若干	
	六角螺帽	5/16"，材質不限（與活動二共用）	40 個	
	載重容器	試飲杯、紙杯、小型容器或置物袋	2 個	自備
	保特瓶	容量 500~700 毫升，形狀不限	1 個	
竹籤	直徑小於 3mm，長度小於 8 吋	數支		

- ◆ 上列竹籤數目為製作寶特瓶小馬所需之竹籤數量，製作計分軌道之竹籤數量則依實際製作所需自定。
- ◆ 上述大會提供之材料以比賽現場為準，規格材料僅供參考，活動的目的在於透過活動使學生體驗科學、學以致用和發揮創意，學生練習與校內初賽時，毋須執著與競賽現場相同之材料。