

31<sup>st</sup>遠哲科學  
趣味競賽



校內初賽實施手冊



# 目 錄

● 彈珠樂園 2.0 .....	1
● 達文西飛擺鐘.....	7
● 快轉旋風-線圈轉子.....	17



## 一、目的

利用紙為主的材料組合，設計出一個穩定的圓形軌道及滑車裝置，並藉由各種能量轉換來將木彈珠(以下簡稱：彈珠)精準的射進指定的目標區，來學習相關的物理觀念。

## 二、原理

活動使用到的科學原理分為兩部分，活動一：當橡皮筋發生形變時，可儲存彈性位能。發射器的彈性位能釋放後撞擊彈珠轉換為動能，彈珠在軌道上經歷了力學能變化與摩擦力作功，最後在軌道末端水平射出。藉由水平拋射的原理，我們可以依照預計射進的得分區位置，反推發射時須用多大的能量。

活動二：在活動一的基礎上，將軌道放在載具上，使用重物來拉動載具及載具上的彈珠。當載具受到桌緣擋板阻擋而停止時，車上的彈珠會因為慣性而向前移動，進而繞行軌道後，發射進入得分區。本活動希望讓學生藉由操作來了解鉛直圓周運動，幫助同學更深入的理解其物理意義。

## 三、活動一：雲霄飛車轉圈圈

(一) 場地：長條桌一張如圖 2 所示。(各校競賽時規格統一即可)

(二) 使用材料：請詳閱 八 材料總表

(三) 競賽說明

1. 操作說明

(1) 每隊僅能依照材料總表的規範，現場製作每隊一個以上的雲霄飛車軌道(以下簡稱：軌道)。軌道需包含兩個連續的圓形軌道，軌道內側直徑最短處需不小於 25cm。兩個軌道的擺放方式不限，但須頭尾相接。彈珠發射前須放置在軌道最低點的任意處，經發射器發射後，彈珠需自行完整繞行兩個軌道後，射向得分區。

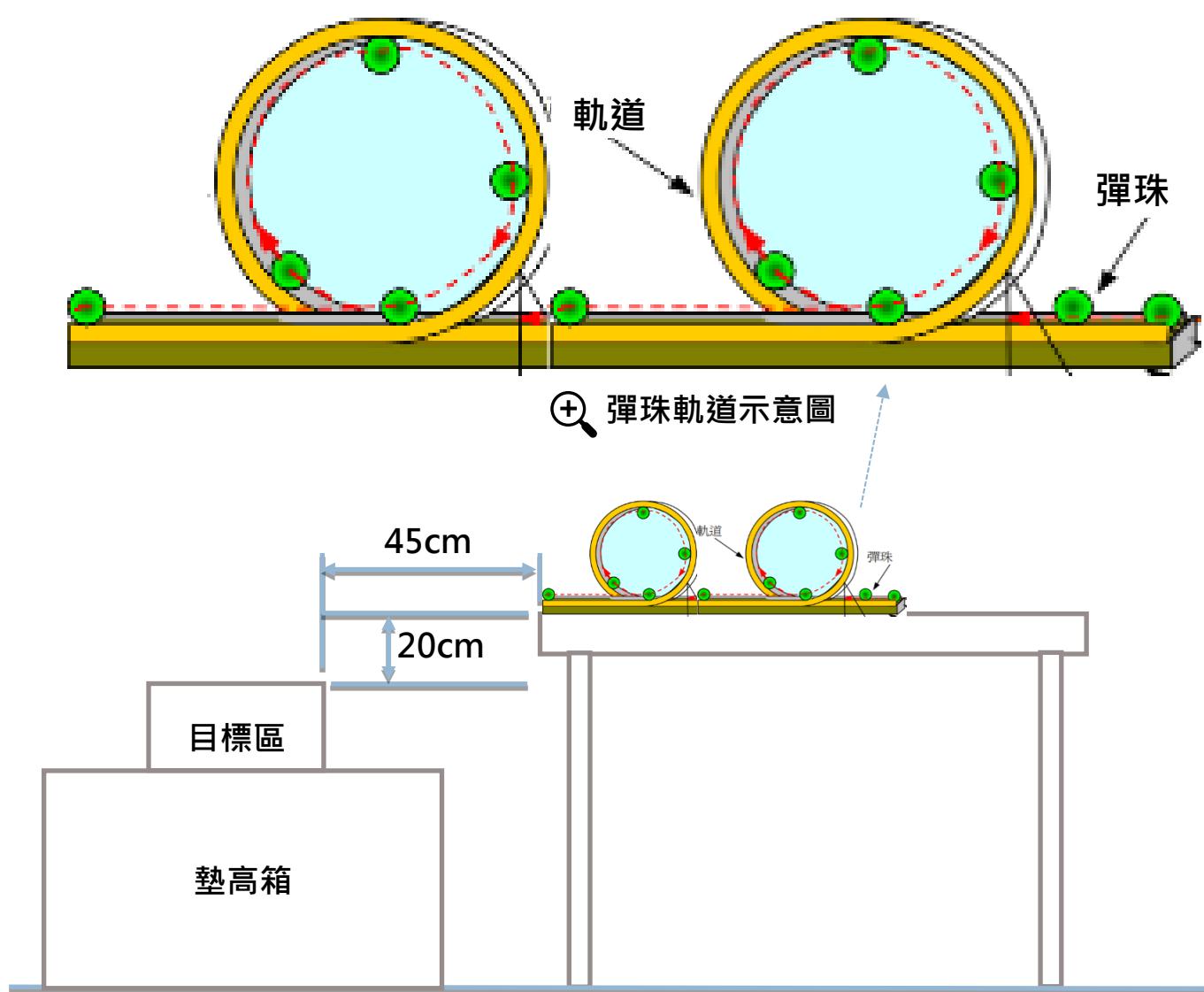


圖 1：評分裝置示意圖

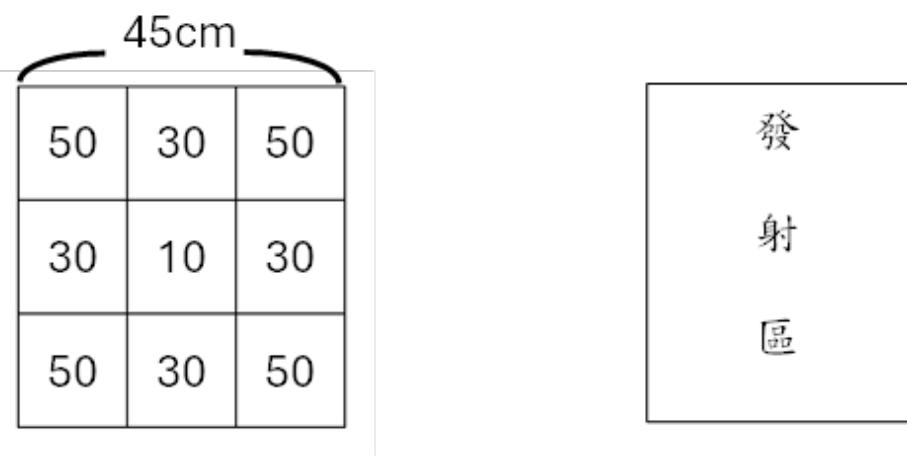


圖 2：目標區分數分布



- (2) 參賽同學可使用材料總表的規範，製作彈珠發射器。彈珠繞行軌道過程中，不可有任何人為的外力影響彈珠運行，違者該次挑戰成績不予紀錄。
- (3) 競賽前，每隊參賽者拿著自製的軌道接受規格檢查。通過檢查後，每隊將軌道放置於發射區，並向裁判高喊「完成挑戰預備」之口號，接著等待裁判喊出「開始」之口令並按下碼表後，即開始進行該組的挑戰。競賽隊伍若有製作違規問題，皆需使用該隊挑戰時間進行修改。
- (4) 本活動挑戰時，每位參賽者有 60 秒的挑戰時間，在時間內每人至多有 9 次的挑戰機會。評分時間到，尚在挑戰的隊伍，可完成當次挑戰。

## 2. 計分方式

- (1) 競賽時，每隊可以依照自己的規劃，調整隊員的挑戰順序，每位隊員需完整挑戰完後，才可換下一位隊員。兩次挑戰間，若軌道損壞，可以先補強再挑戰，補強時間仍計算在每隊的競賽時間內。
- (2) 活動一的得分計算規則如下：

$$R = (Gp_1 + Gp_2 + \dots + Gp_9 + 31) * B$$

其中  $i$ ：挑戰者序號。 $i=1 \sim 3$ 。

$Gp_j$ ：第  $j$  次挑戰時，彈珠射進的目標區得分。 $j=1 \sim 9$ 。

若彈珠完成兩圈軌道繞圈，但沒射進任一目標區，該次  $Gp_j = 2$ 。

若彈珠完成一圈軌道繞圈，但沒射進任一目標區，該次  $Gp_j = 1$ 。

若彈珠沒有完成兩圈軌道繞圈，但射進任一目標區，該次  $Gp_j = 1$ 。

$B$ ：連線紅利。 $B = 2n + 1$ 。 $n$  = 木珠射進目標區的連線數目。若某位挑戰者 9 次挑戰皆射進不同目標區， $n = 8$ ， $B = 17$ 。

- (3) 活動一總分計算方式為：每位挑戰者的分數總和即為該隊活動一總分  $G_1$ 。將各隊活動一所得總分  $G_1$  按高低順序排列後，依六等第計分法（見表 1）計分，得該隊活動一之成績  $X$ 。



## 四、活動二：我在車上繞圈圈

(一) 場地：長條桌一張如圖 3 所示。(各校競賽時規格統一即可)

軌道前端

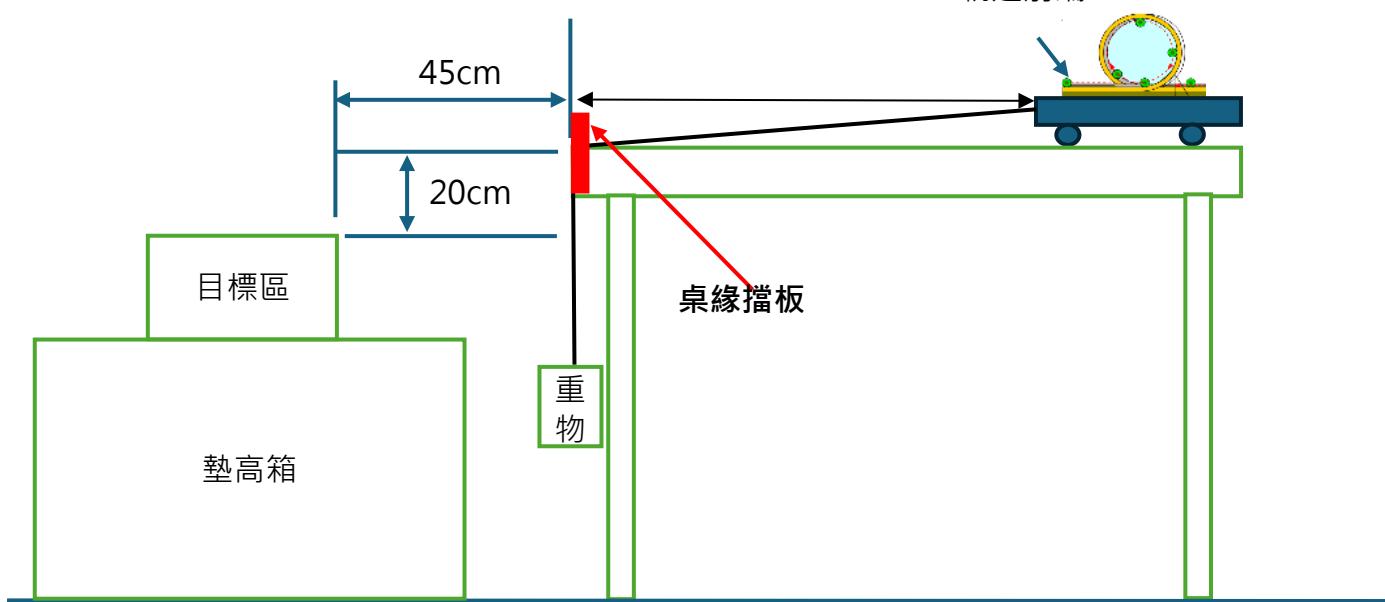


圖 3：裝置示意圖

(二) 使用材料：請詳閱 八 材料總表

(三) 競賽說明

### 1. 操作說明

(1) 每隊僅能依照材料總表的規範，現場製作每隊一個以上的雲霄飛車軌道及滑車載具(以下簡稱：載具)。載具採用圖 3 的重物受重力下拉的驅動方式移動載具。

(2) 競賽時，每隊參賽者拿著自製的雲霄飛車軌道及載具接受規格檢查，載具沒有製作限制，唯只能用材料總表規範的材料現場製作。完成檢查後，向裁判高喊「完成挑戰預備」之口號，接著等待裁判喊出「開始」之口令並按下碼表後，即開始進行該組的挑戰。競賽隊伍若有製作違規問題，或者是完成檢查後又修改軌道高度的行為，皆需使用該隊挑戰時間進行修改。

(3) 以圖 3 為例，挑戰的方式為開始計時後，參賽者用該隊自備的檣板及夾具將檣板固定在桌緣。接著，參賽者將載具向右拉至適當位置，並將彈珠固定在軌道的右端起始點，然後放開載具。軌道及載具會因為重物下降的拉力作用向左移動。當載具移動至桌緣被檣板擋住時，原本固定在軌道起始點的彈珠會因為慣性作用而向左移動，進而繞行軌道一圈後，水平拋射進入目標區。

(4) 若參賽者的軌道高度沒有改變，則僅需檢查一次；反之，若每次軌道高度有明顯變化或更換軌道，則每次挑戰前皆須使用該隊挑戰時間來測量軌道高度並記錄。



- (5)挑戰前，桌緣檔板的任一部份皆不可超過桌緣(夾具不算)。當載具受桌邊擋板擋住而停止在桌緣時，軌道及載具的任一部分(載具掛重物的細繩及重物不限)，皆不可以超過桌緣。違者，該次挑戰計為失敗一次。在該次彈珠射入目標區停止前，若有任何屬於參賽隊伍的東西掉落，該次挑戰亦計為失敗一次。
- (6)本活動挑戰時，載具及軌道與桌緣的距離不限，唯載具停止在桌緣時，重物不可著地。載具一經發射後，參賽者雙手皆需離開載具。每人有 60 秒挑戰時間，在時間內每人至多有 9 次的挑戰機會。評分時間到，尚在挑戰的隊伍，可完成當次挑戰。

## 2. 計分方式

(1)競賽時，每隊可以依照自己的規劃，調整隊員的挑戰順序，每位隊員完整挑戰完後，才可換下一位隊員。兩次挑戰間，若軌道或載具損壞，可以先補強再挑戰，補強時間仍計算在每隊的競賽時間內。

(2)活動二的得分計算規則如下：

$$Q_i = [31 + Tp_1 * H_1 + Tp_2 * H_2 + \dots + Tp_9 * H_9] * B$$

其中  $Q_i$  為第  $i$  位挑戰者總分； $i$ ：挑戰者序號， $i=1 \sim 3$ 。

$Tp$ ：彈珠射進的目標區得分。

若彈珠完成軌道繞圈，但沒射進任一目標區，當次  $Tp_i * H_i = 1$ 。

$H_i$ ：第  $i$  次軌道最高點與最低點的距離。 $(H_i$  值以無條件捨去法取到 cm)

$B$ ：連線紅利： $B=2n+1$ ， $n$ =連線數目，連線計算方式同活動一。

(3)活動二總分計算：三位挑戰者得分總和為該隊活動二總分  $G_2$ 。將各隊活動二所得總分  $G_2$  按高低順序排列後，依六等第計分法(見表 1)計分，得該隊活動二之成績  $Y$ 。

## 五、寫給挑戰者與評分者的話

(1)每隊檢查完裝置後，請先告知評審該隊兩個活動的挑戰順序並記錄下來。  
同隊需同時挑戰完同一個活動後，才可挑戰另一個活動。

(2)活動一、活動二，每人各有一次的申訴機會。申訴時，需用挑戰時由隊友紀錄挑戰過程的影片，向該組裁判提出申訴，若無影片，則不受理申訴。若申訴成功，此參賽者該活動的挑戰資格保留。若申訴失敗，接下來此位參賽者該活動無申訴機會。活動一、二的檢查過程、參賽者申訴過程，紀錄挑戰時間的大表暫停時間。

(3)每隊可以帶一張 A3 大小以內的參考資料、實驗記錄數據及模板(如：輔助現場製作軌道的塑膠片)。比賽前桌邊裁判會檢查各隊自備材料，紙質材料須符合市售規格(A0~A4, B0~B4)，不可有事先裁切、黏貼及標記的狀況。若有違規事項，該材料不可使用。



## 六、 競賽時間

(一) 本活動的製作與測試時間 (含說明及領取材料) 共 30 分鐘。每隊競賽時間為 9 分鐘，各隊可自行決定活動一、二的挑戰順序。

(二) 評審：

表 1：六等第記分法

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、 評等

(一) 活動一之成績六等第後得活動一成績 X，活動二之成績六等第後得活動二成績 Y，X、Y 相加，即得此項活動總成績 Z。

(二) 將所有參賽隊伍所得之 Z 值排序，最高分者為本項優勝，若最高分不只一隊時，則以活動一之原始成績最佳者獲得單項優勝獎。

## 八、 材料總表

	品名	規格	數量	備註
活動一、二 共用	紙	市售規格 (A0~A4,B0~B4) (不可裁切, 不可淋膜)	不限	製作軌道及載具， 自備
	木彈珠	直徑 2.5cm	10 顆/隊	發射用，大會提供
活動一	紙	市售規格 (A0~A4,B0~B4) (不可裁切, 不可淋膜)	不限	製作發射器，自備
	橡皮筋	不限	不限	載具驅動用，自備
活動二	綿繩	不限	不限	載具驅動用，自備
	桌緣擋板	不限	不限	阻擋載具用，自備
	擋板夾具	不限	不限	固定擋板用，自備
	重物	不限	不限	載具驅動用，自備
競賽用	目標區	由厚度 2mm 的西卡 紙製成：邊長 45cm，高度 10cm 的紙製九宮格	1 個	競賽用，大會提供



## 一、目的：

透過設計製作達文西飛擺鐘，使用重力拉動機械結構進行比賽，探討力學能轉換、飛擺機制、不規則擺動、擒縱系統等科學原理，學習相關科學技術，並培養機械結構運用、促進跨領域知識的整合。

## 二、原理：

### 1. 力學能轉換：

利用重物的重力位能來驅動飛擺鐘的中心轉軸，當重物下落過程帶動中心轉軸轉動，為飛擺鐘整體裝置的能量來源。

### 2. 飛擺機制：

飛擺鐘的單擺並非固定在中心，而是透過一條線繩懸掛，擺動時會繞行固定點，使其運動呈現不規則的飛躍狀態，其中線繩的長度與固定位置會影響飛擺的運動。

### 3. 不規則擺動：

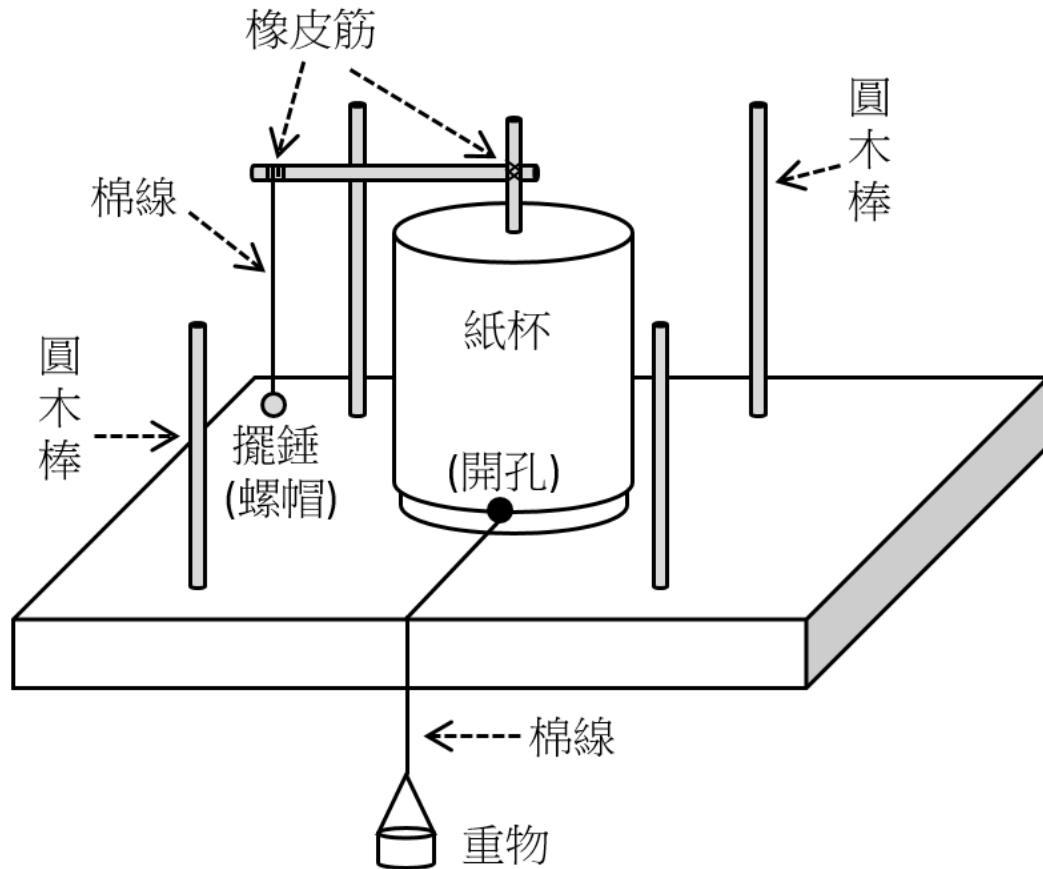
由於飛擺鐘的設計不像傳統鐘擺那樣穩定擺動，而是每次擺動都會繞過一個周圍的柱狀障礙物，然後再反方向彈回，使得擺動更具動態變化，其中柱狀障礙物的數量與位置，對於飛擺鐘的計時週期會有很大的影響。

### 4. 擒縱系統：

擒縱系統是透過構造控制擺錘的運動，並將能量傳遞給擺錘，利用不斷的能量轉換，使飛擺鐘能因為單擺的擺動而持續旋轉。

## 三、裝置說明：

### 1. 達文西飛擺鐘是應用位能轉換成動能的裝置，並藉由簡單的單擺與設計的障礙物，達到簡易計時的作用，達文西飛擺鐘構造示意如圖一。



圖一 達文西飛擺鐘構造參考圖

## 2. 運作說明：

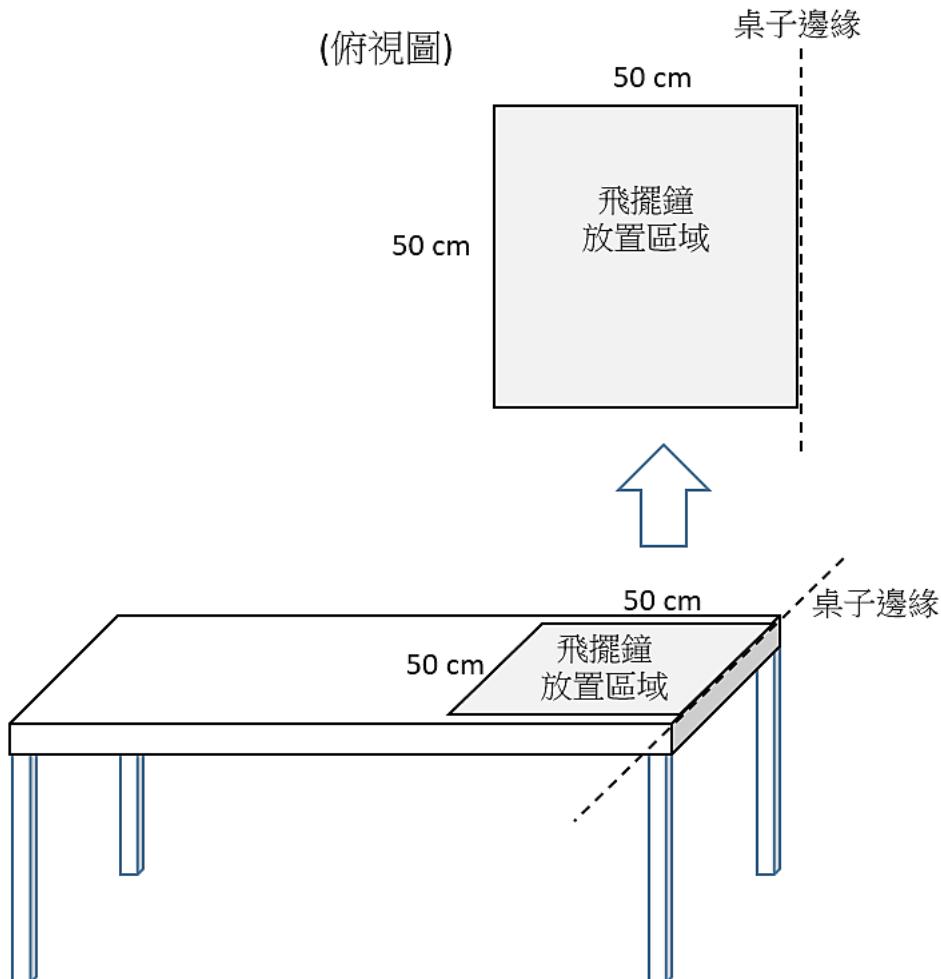
達文西飛擺鐘以重物拉動中心轉軸旋轉，帶動懸臂上的單擺，當單擺甩動時，單擺的懸線會纏繞周圍的柱狀障礙物，而暫時停止中心轉軸的轉動，隨著單擺的懸線鬆開後，中心轉軸會繼續轉動。利用單擺纏繞周圍的柱狀障礙物與鬆開的反覆過程達成擒縱系統作用，不僅延長重物落地時間，也達到週期計時的目的。本競賽活動希望學生能探究相關原理及變因，自行設計並製作出飛擺鐘結構，使用相同的吊掛物來驅動飛擺鐘，並獲得穩定的計時效果。

## 四、活動設計：

### 活動一：準時性飛擺鐘

#### A. 場地說明：

使用一張會議桌，將飛擺鐘至於測試區域( $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ )，作品整體不得超出範圍)，只有懸吊重物的細繩可超出測試區桌子邊緣(如圖二)，重物下落距離為60 cm，即為重物吊掛的底端向下掉落之距離(不一定接觸地板之高度，以現場標示距離區間為準)。



圖二 測試區會議桌示意圖

**B. 使用材料說明：**

1、大會提供材料

(1) 各組器材：

圓木棒8支、紙杯1個、瓦楞紙板1張(三層A浪，厚度約0.5公分，A3尺寸)、A4尺寸PP板2片(厚度0.3公分，活動一、二共用)、橡皮筋6條(僅用於圓木棒製作的懸轉吊臂)、棉線2公尺、M10(薄壁)螺母2個(使用數量不限，作為單擺的擺錘)。

(2) 評分用器材：懸掛之重物(掛勾、掛盤與砝碼)、計時器、直尺

2、參賽者自備的材料及工具

(1) 必要材料：

墊高底座：事先製作的瓦楞紙板墊高物數個(高度不超過7公分，僅可用於墊高製作達文西飛擺鐘的瓦楞紙底板)

黏著材料：膠帶、雙面膠、泡棉膠、快乾膠、黏土

(不可用於圓木棒製作轉軸或轉動懸臂，僅可用於支柱與瓦楞紙底板之固定)



切割工具：美工刀、剪刀、直尺、切割墊等文具  
(不可用於削、切圓木棒)

穿孔工具：手鑽、電鑽、尖嘴鉗或斜口鉗等手工具  
(不可用於削、切圓木棒，製作現場無提供電源)

(2) 選用材料：

大會準備之 A4 規格 PP 板(厚度 0.3 公分，活動一、二共用)。

C. 競賽說明：

1、作品製作流程說明

- (1) 大會提供的圓木棒8支、紙杯1個、A3尺寸瓦楞紙板1張(三層A浪，厚度約0.5公分)、A4尺寸PP板2片(厚度0.3公分，活動一、二共用)、橡皮筋6條(僅用於圓木棒製作的懸轉吊臂、棉線與圓木棒，懸轉吊臂整體構造不可使用自行攜帶的黏著劑或膠帶等橡皮筋以外的材料固定)、棉線2公尺、M10(薄壁)螺母4個(使用數量可以自選，活動一、二共用，評分後交由裁判回收)。
- (2) 準時性達文西飛擺鐘的瓦楞紙底板可以自備合乎規格之墊高物墊高(不超過7公分)，瓦楞紙底板配合大會提供之圓木棒作出支柱的柱狀障礙物(活動一數量為4支)，圓木棒底部可用PP板、自備的膠帶與黏著劑加以固定，成品(含底座)範圍長、寬均不得大於測試區(50cm×50cm)，需能直立於作品放置區內。
- (3) 製作過程中，所有圓木棒都不能有任何削切的加工破壞，其中作為轉軸與懸臂的圓木棒，僅能以橡皮筋固定，不可有其他黏著劑或附加物；連接懸掛重物與轉軸圓木棒的棉線長度建議大於1公尺，除了兩端可以打結、綑綁或以大會提供之橡皮筋固定，其餘部分須保持原始狀態，不可塗抹任何黏著劑之類的外加物質。

2、作品評比操作說明

- (1) 組員可在60秒鐘內，合作架設準時性飛擺鐘，作品須放置於指定範圍內。架設完成後可進行調整並掛上大會統一提供之懸吊重物(掛勾與砝碼，砝碼數量可自選)，測試重物下落與準時性飛擺鐘運作狀況，並進行微調(評分過程所需的各種工具需一同置於作品放置區內，不可返回製作區拿取)。調整時間截止前必須讓裝置靜止，並將重物懸線纏繞於中心轉軸，重物可放置於桌面預備競賽評分。
- (2) 評分過程，測量範圍以重物下落60公分(自釋放起點所移動之距離)的時間為準。(重物不一定接觸地板，以現場標示距離區間為準)
- (3) 第一人評分為90秒鐘，前10秒內以手調整飛擺鐘單擺懸臂與重物懸吊於預備位置，開始計時後將手鬆開，紀錄重物下落60公分距離所需時間。



- (4) 第二人於30秒內調整裝置就預備位置(包含改變重物砝碼數量、吊掛重物懸線纏繞於中心轉軸)，進行評分90秒鐘，開始計時後將手鬆開，紀錄重物下落60公分距離所需時間。
- (5) 第三人的步驟同第二人。
- (6) 手只能在90秒評分計時開始前碰觸飛擺鐘裝置，90秒評分計時開始之後便不得再碰觸。如果飛擺鐘裝置在重物下落60公分距離內停止運作，例如：單擺的擺線纏繞支柱、懸臂結構歪斜等造成靜止、任何部分或懸吊重物脫落導致裝置靜止，則該次測量不予計分。
- (7) 全組成員皆測量完畢後，須經裁判檢查圓木棒與棉線是否符合前述各項規定，若經發現確認違反前述限制使用條件，則將活動一所得的競賽六等第計分法計算之成績除以二計算。

### 3、計分方式：

- (1) 同隊每人評分紀錄之秒數為T，每人測量時間減去60秒的差值取絕對值為X，即  

$$X = |T - 60|$$
- (2) 以公式計算每人測量的分數P，即
$$P = \left( \frac{10000}{7+X} \right)$$
- (3) 將三位組員的分數加總，即為該隊活動一之總分數。總分數再以六等第計分法計算成績與活動二成績合算後為達文西飛擺鐘項目競賽之總成績。

## 活動二：打勾勾飛擺鐘

### A. 場地說明：

同活動一。

### B. 使用材料說明：

#### 1、大會提供材料

##### (1) 各組器材：

圓木棒12支、紙杯1個、瓦楞紙板1張(三層A浪，厚度約0.5公分，A3尺寸)、A4尺寸PP板2片(厚度0.3公分，活動一、二共用)、橡皮筋6條(僅用於圓木棒製作的懸轉吊臂)、棉線2公尺、M10(薄壁)螺母4個(使用數量可以自選，活動一、二共用，評分後交由裁判回收)。

##### (2) 評分用器材：懸掛之重物(掛勾、掛盤與砝碼)、計時器、直尺、錄影手機



## 2、參賽者自備的材料及工具

### (1) 必要材料：

墊高底座：事先製作的瓦楞紙板墊高物數個(高度不超過7公分，僅可用於墊高製作達文西飛擺鐘的瓦楞紙底板)

黏著材料：膠帶、雙面膠、泡棉膠、快乾膠、黏土

(不可用於圓木棒製作轉軸或轉動懸臂，僅可用於支柱與瓦楞紙底板之固定)

切割工具：美工刀、剪刀、直尺、切割墊等文具  
(不可用於削、切圓木棒)

穿孔工具：手鑽、電鑽、尖嘴鉗或斜口鉗等手工具  
(不可用於削、切圓木棒，製作現場無提供電源)

### (2) 選用材料：

大會準備之A4規格PP板(厚度0.3公分，活動一、二共用)。

## C. 競賽說明：

### 1、作品製作流程說明

(1) 大會提供的圓木棒 12 支、紙杯 1 個、A3 尺寸瓦楞紙板 1 張(三層 A 浪，厚度約 0.5 公分)、A4 尺寸 PP 板 2 片(厚度 0.3 公分，活動一、二共用)、橡皮筋 6 條(僅用於圓木棒製作的懸轉吊臂、棉線與圓木棒，懸轉吊臂整體構造不可使用自行攜帶的黏著劑或膠帶等橡皮筋以外的材料固定)、棉線 1.5 公尺、M10(薄壁)螺母 4 個(使用數量可以自選，活動一、二共用，評分後交由裁判回收)。

(2) 打勾勾達文西飛擺鐘的瓦楞紙底板可以自備合乎規格之墊高物墊高(不超過 7 公分)，瓦楞紙底板配合大會提供之圓木棒作出支柱的柱狀障礙物(活動二數量需超過 4 支)，圓木棒底部可用 PP 板、自備的膠帶與黏著劑加以固定，成品(含底座)範圍長、寬均不得大於測試區(50cm×50cm)，需能直立於作品放置區內。活動一、二可共用同一個飛擺鐘作品，但是進行評分時必須符合活動一、二個別要求的支柱數量條件，各組若由活動一的瓦楞紙底板進行修改，需在評分總時間內，於評分現場進行調整，使用的工具或材料須提前至於作品完成區內，不得返回製作取拿取。

(3) 製作過程中，所有圓木棒都不能有任何加工破壞，其中作為轉軸與懸臂的圓木棒，僅能以橡皮筋固定，不可有其他黏著劑或附加物；連接懸掛重物與轉軸圓木棒的棉線長度建議大於 1 公尺，除了兩端可以打結、綑綁或以大會提供之橡皮筋固定，其餘部分須保持原始狀態，不可塗抹任何黏著劑之類的外加物質。



## 2、作品評比操作說明

活動二每隊評分時間總共為 10 分鐘(包含準備時間、作品調整時間，以裁判碼表為準)，在時限內最多可以每人評分一次，在評分總時間 10 分鐘截止後，即使有組員還沒評分也不可再評分，並以評分總時間內，該組評分測量所得到最長的飛擺鐘下落時間作為該組計算成績之依據。

- (1) 隊伍在評分總時間內，尚未進行吊掛重物下落評分測試前，組員可以合作架設打勾勾飛擺鐘，作品須放置於指定範圍內。架設完成後可進行調整並掛上大會統一提供之懸吊重物(掛勾與砝碼，砝碼數量可自選)，測試重物下落與打勾勾飛擺鐘運作狀況，並進行微調(評分過程所需的各種工具需一同置於作品放置區內，不可返回製作區拿取)。調整時間截止前必須讓裝置靜止，並將重物懸線纏繞於中心轉軸，重物可放置於桌面預備競賽評分。
- (2) 重物下落評分過程，測量範圍以重物下落 60 公分(自釋放起點所移動之距離)的時間為準。(重物不一定接觸地板，以現場標示距離區間為準)
- (3) 第一人評分時，開始計時的前 10 秒內以手調整飛擺鐘單擺懸臂與重物懸吊於預備位置，開始計時後將手鬆開，紀錄重物下落指定距離所需時間，在飛擺鐘轉動過程中，由裁判報數紀錄擺錘「纏繞支柱」的次數，過程可以使用手機錄影，其中「纏繞支柱」的定義為單擺擺錘之懸線有圍繞支柱 1 圈以上，若只有碰到、勾到周圍支柱而沒有圍繞 1 圈則不列入計數。
- (4) 若隊伍對於「纏繞支柱」的次數有疑慮，則可要求現場回放錄影的影片重新確認「纏繞支柱」次數，但是每隊僅能要求一次。
- (5) 第二人、第三人於開始計時前，可調整裝置就預備位置(包含固定周圍支柱、改變重物砝碼數量、懸線纏繞於中心轉軸)，確認完成後即可進行評分，開始計時後將手鬆開，紀錄重物下落 60 公分距離所需時間，在飛擺鐘轉動過程中，由裁判報數紀錄擺錘「纏繞支柱」的次數，過程可以使用手機錄影，其中「纏繞支柱」的定義為單擺擺錘之懸線有圍繞支柱 1 圈以上，若只有碰到、勾到周圍支柱而沒有圍繞 1 圈則不列入計數。
- (6) 手只能於開始評分計時前碰觸裝置，評分計時開始之後便不得碰觸。如果裝置在指定的 60 公分重物下落區間內停止運作，例如：單擺的擺線纏繞支柱、懸臂結構歪斜等造成靜止、任何部分或懸吊重物脫落導致裝置靜止，則該次測量不予計分。



- (7) 每隊總評分時間為 10 分鐘(包含調整與修改)·當總評分時間截止時，若裝置已進入評分計時階段，則可以讓該次評分裝置運作至結束後並記錄時間，但若還尚在調整或預備階段，則須停止評分。
- (8) 每隊總評分時間結束後，須經裁判檢查圓木棒與棉線是否符合前述各項規定，若經發現確認違反前述限制使用條件，則將活動二所得的競賽六等第計分法計算之成績除以二計算。

### 3、計分方式：

- (1) 取每隊自選的最佳評分測量結果作為評分紀錄之秒數  $T$ ，重物下落過程所纏繞支柱的次數為  $N$ ，打勾勾飛擺鐘的支柱數量為  $K$ 。
- (2) 以公式計算之分數  $P$ ，即  $P = (T + 1) \times 10K \times (N + 1)$ 。
- (3) 分數加成比例與每隊測試次數有關，當該隊第一次測量後即進行活動二分數計算，則分數加成20%，所得分數為  $P \times 120\%$ ；當該隊在兩次測量後才計算活動二分數，則分數加成10%，所得分數為  $P \times 110\%$ ；當該隊在三次測量後才計算活動二分數，其分數不加成，所得分數為  $P$ 。此處所提的評分測量次數須包含不成功的評分次數。
- (4) 活動二計算後的分數，再以六等第計分法計算成績與活動一成績合算後為達文西飛擺鐘項目競賽之總成績

## 五、競賽時間：

- 1. 製作與測試時間 (含說明及領取材料) 共30分鐘 (活動一+活動二)
- 2. 每組評審時間：活動一 7分鐘，活動二 10分鐘

## 六、評等：

活動一、活動二分別以六等第計分法計算之成績相加即為本項目得分。如有隊伍發生同分情況，以活動一的六等第計分法計算之成績優先排序。

## 七、給評分者的建議：

### 1. 檢查事項：

- (1) 競賽過程中，所使用的圓木棒與棉線皆須符合使用規定，不可有任何不被大會允許的加工或破壞，若經發現確認違反前述各項限制條件，則將該項活動一、活動二所得的競賽六等第計分法計算之成績除以二計算
- (2) 除了固定支柱的柱狀障礙物、PP 板與瓦楞紙底座的部分，可使用膠帶、黏著劑、黏土等，在轉動懸臂、中心轉軸部分圓木棒僅能與 PP 板、瓦楞紙板接觸，軸心旋轉處亦不得增加任何附加物、油質或黏著劑，如：培林、吸管、潤滑油、黏土...等。



## 2.評分事項：

- (1) 每隊必須使用現場自行製作的作品參賽，於活動一及活動二評分的飛擺鐘軸心機構與底座部分可各使用一組，也可活動一、活動二共用或沿用其中部分結構，但是活動二若要調整柱狀障礙物數量、整體結構或懸吊重物砝碼數量，仍需在總測量時限完成調整與評分，當總測量時間截止即使未進行活動二評分，也不可再進行測量。
- (2) 活動一使用的懸吊重物砝碼數量或單擺的螺母數量，可於每一位組員評分計時前的調整時間內進行調整，但必須在調整時間內完成，調整時間結束則不可再繼續調整，必須進入評分時間。

## 3.製作事項：

- (1) 製作飛擺鐘的圓木棒、紙杯、橡皮筋、棉繩、擺錘、瓦楞紙板、PP 板，都只能使用大會提供的材料。
- (2) 組裝懸轉吊臂的圓木棒，僅能使用大會提供的橡皮筋，不可使用自行攜帶的黏著劑或膠帶等固定。

## 八、學生操作：

1. 除了依照競賽辦法規定事項之外，請再參考七、給評分者建議。
2. 請注意各階段時間規定，以免超時違規而無法參賽。
3. 競賽現場不提供電源，相關切割或鑽孔工具請使用充電式設備或自備電源。

## 九、材料及工具總表：

品名		規格	數量	備註
大會 提供	各隊 必要	圓木棒	長度約 20 cm 直徑約 0.6 cm	20 支  活動一 8 支、活動二 12 支(圓木棒不一定要全部使用)，比賽過程中使用的圓木棒不可有任何破壞，如：削、切...等
		紙杯(大)	大杯 400ml(杯口直徑約 9 cm，高約 11 cm)	2 個  活動一、二各 1 個
		瓦楞紙板	A3 尺寸，三層 A 浪，厚度約 0.5 公分	2 片  活動一、二各 1 個
		A4 PP 板	3mm 厚	2 片  活動一、二共用
		棉繩	2 公尺、1mm 線寬	2 條  活動一、二各 1 條



評分檢查使用	橡皮筋	直徑約 5 cm	12 條	活動一、二各 6 條
	螺母	M10(薄壁)螺母	4 個	活動一、二共用
	計時器	數位式	1 具	活動一、二共用
	掛勾與掛盤	50 gw	1 片	活動一、二共用
	砝碼	每片 50gw	數片	活動一、二共用
自備	長尺	100 cm	1 支	活動一、二共用
	各隊必要	瓦楞紙底板 墊高物	高度不超過 7cm，長度不 可超過測試區 範圍	數個
	裁切文具	不拘		包含保護桌面的切割墊
	固定材料	膠帶、雙面 膠、泡棉膠、 快乾膠、黏土	若干	僅可用於固定支柱的柱狀障礙 物或瓦楞紙板底座加工使用， 不可用於圓木棒製作的轉動懸 臂或軸心
	鑽孔工具	手鑽、電鑽、 尖嘴鉗...不拘	若干	用於加工瓦楞紙板、PP 板或紙 杯的開孔



# 快轉旋風—線圈轉子

設計者：游珮均 老師、黃峻瑋 老師

## 一、目的

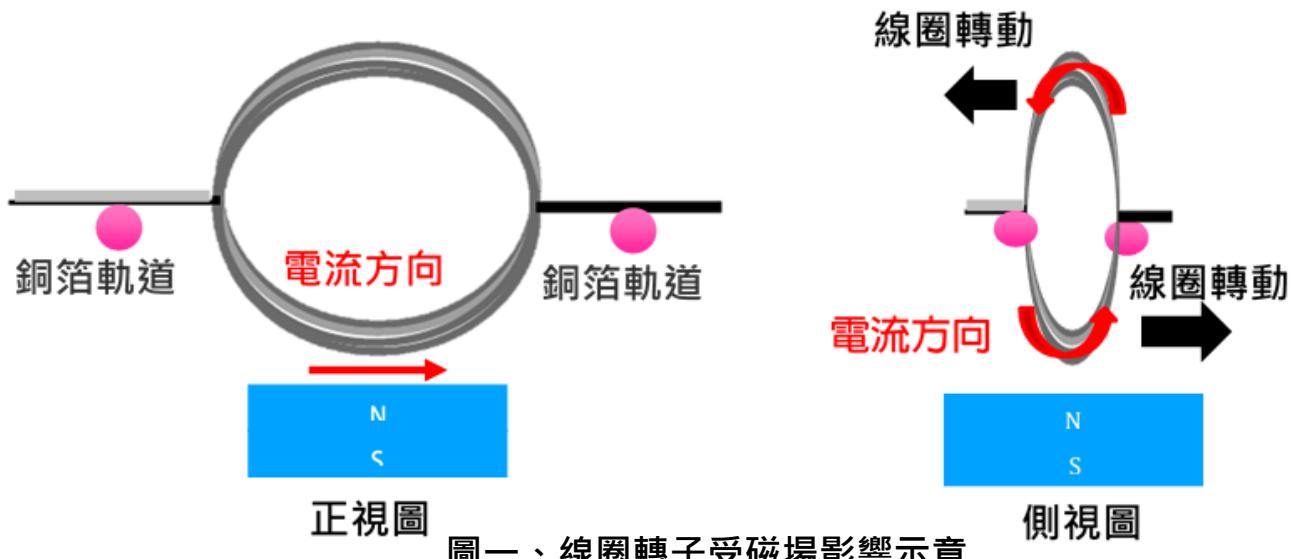
電生磁、磁生電在生活中有許多不同的應用，使用漆包線線圈通電後，與磁鐵交互作用，透過活動設計，使得線圈滾動，其中影響因素有漆包線的圈數、重量---等，藉由製作不同滾動情況的線圈轉子來瞭解電與磁的科學原理。本活動提供一個兼具探究實作及趣味性的科學競賽，讓參加活動的學生瞭解電與磁在生活中可能的應用。

## 二、原理

厄斯特發現電流會在導線周圍產生磁場，安培則進一步歸納出電流與磁場方向的關係，即安培右手定則。這些發現為後來探索電流與磁場交互作用的裝置，例如單極馬達，提供了理論基礎。

本活動設計基於單極馬達的原理，單極馬達是一種最簡單的電動馬達裝置，其運作依賴通電導體在磁場中所受的磁力作用（勞倫茲力）。當電源開始供電，電流經由導體（此處為線圈轉子）流入，並與底部永久磁鐵所產生的磁場形成交互作用，當電流通過垂直磁場的導體時，導體會受到一個垂直於磁場與電流方向的影響，並造成導體的運動。本活動線圈與磁場關係如圖一，電流由銅箔軌道進入線圈轉子，線圈轉子受到下方永久磁鐵的磁場影響，使轉子開始旋轉。當電流停止供應，導體不再受磁力作用，轉子即只靠慣性滾動。

快轉旋風線圈轉子是利用線圈通電後受到磁場的影響，改變線圈、磁鐵---等條件，設計不同滾動速度及方向的線圈轉子，讓參賽學生能藉此觀察、分析、歸納出影響線圈運動的各種因素。

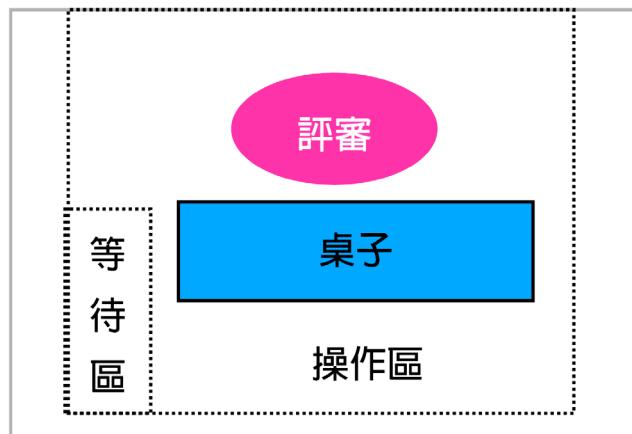




### 三、活動一：快轉旋風-我最「快」

#### (一) 場地說明：

本活動場地大小約為長 180 公分、寬 150 公分，場地擺放一張 120cm 長、60cm 寬的桌子，如圖二所示。開始前準備時間，參賽隊伍於桌子擺放參賽作品預備比賽。開始比賽時，評審位在桌子一側計分，一位隊員在「操作區」操作，其他隊員在「等待區」等待輪流進行比賽。



圖二、競賽場地示意圖

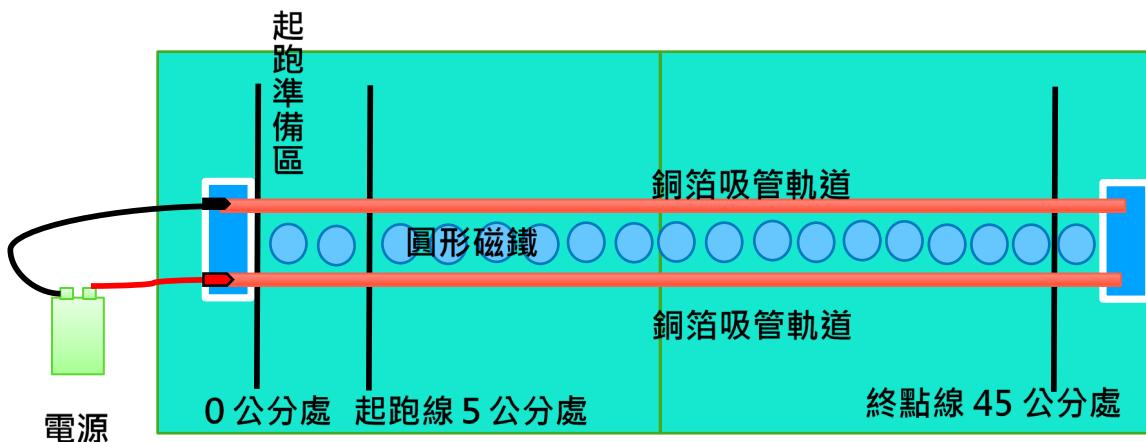
#### (二) 使用材料：

- 大會提供材料：漆包線（活動一、二共用）、普通磁鐵 30 個（氧化鐵材質）、強力磁鐵 17 個（釹鐵硼材質，活動一、二共用）、A4 PP 板 2 個（厚度 3 mm）、變壓器(5V,1A)、銅箔膠帶（5 mm 寬，2 m 長）。
- 參賽者自備材料與工具：捲線器、吸管、鱷魚夾電線 2 條、底座絕緣材料（如泡棉、紙板）、鉗子、砂紙、奇異筆、剪刀、筆、尺、膠帶、雙面膠。

#### (三) 競賽說明：

##### 1. 製作：

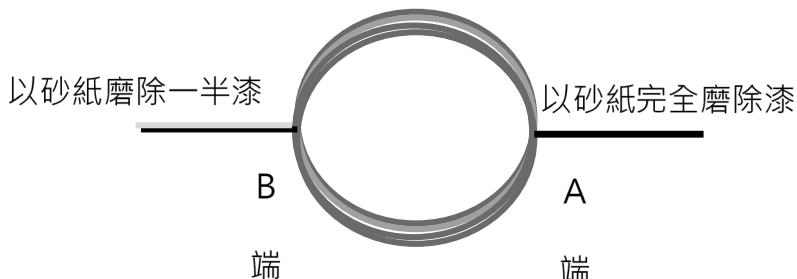
- (1) 賽道準備：取 2 張 A4 PP 板，以黑色奇異筆在 0 公分及 5 公分處標示起跑準備區、45 公分處畫記終點線，如圖三所示。



圖三、參賽作品賽道示意圖



- (2) 軌道製作：取數根吸管製作 2 條長型軌道，每條軌道長度至少 50 公分，在吸管上貼上銅箔膠帶。將軌道的兩端固定在 0 公分及 45 公分處的底座上，軌道下方可使用支撐架固定，兩條軌道間以雙面膠固定磁鐵如圖三，將兩條軌道的一側以鱷魚夾連接變壓器電源。
- (3) 製作線圈轉子：取漆包線一條，以捲線器由 A 端開始繞圈，分別在 A、B 兩端打結，並留下適當長度的漆包線，A 端漆包線以砂紙將漆完全磨除，B 端漆包線以砂紙磨除線段的一半，如圖四所示。



圖四、線圈轉子製作示意圖

- (4) 本活動需製作 3 個線圈轉子，每個線圈轉子線圈部分的最長距離需大於 0.5 公分。

## 2. 競賽：

- (1) 準備時間：開始前準備，有 30 秒調整裝置、軌道及線圈轉子，並打開電源。第 1 位隊員將「第 1 個線圈轉子」放在軌道的「起跑準備區」。第 2、3 位隊員在後方各自拿第 2、3 個線圈轉子準備。
- (2) 操作時間：開始前，第 1 名隊員在操作區不得觸碰參賽作品及「第 1 個線圈轉子」，另 2 名隊員在等待區預備。等評審喊「開始」同時按下計時器，第 1 名隊員才可以撥動在「起跑準備區」的線圈轉子，線圈轉子開始在軌道以滾動的方式滾動前進，滾動至 5 公分處「起跑線」時，評審按下碼錶開始計時；當轉子滾動至 45 公分處「終點線」時，評審按下碼錶，即停止計時，評審記錄轉子滾動時間為  $t_1$  秒；若線圈轉子無法抵達終點，則記錄線圈轉子從起跑線算起的滾動距離  $s_1$ 。第 1 名隊員退回等待區，即完成第 1 輪操作。
- (3) 接著由第 2 名隊員進入操作區，將「第 2 個線圈轉子」至「起跑準備區」，重複步驟(2)，轉子滾動時間為  $t_2$ ，即完成第 2 輪操作，第 2 名隊員退回等待區。最後，第 3 名隊員進入操作區，將「第 3 個線圈轉子」至「起跑準備區」，重複步驟(2)，轉子滾動時間為  $t_3$ ，即完成第 3 輪操作。每輪操作僅可一名隊員進入操作區操作，三名隊員需分



別完成一輪操作，全部操作時間需在 3 分鐘內完成，完成後需關閉電源。

### 3. 計分方式：

- (1) 個人成績 =  $100 \times \frac{si}{ti}$ ，跑完全程者  $si=40$ ，未跑完全程者  $ti=80$ ，參賽者可決定停止計時，並記錄距離及時間，各隊成績為三人相加。名次依參賽隊伍分數由大到小排序。
- (2) 開始前準備時間，參賽隊伍需確實將線圈轉子放置軌道上，比賽過程線圈轉子需以滾動的方式前進，參賽隊員若無法完賽，如：線圈轉子掉落、軌道或裝置損壞、碰觸到線圈轉子---等，該名隊員可將線圈轉子放回「起跑準備區」位置重新操作，或者該名隊員當次操作分數只記錄距離  $si$ 。每名隊員最多可操作 2 次，取 1 次最佳成績。
- (3) 每組參賽隊伍三名隊員輪流操作，比賽時間不停秒，全部操作時間需在 3 分鐘內完成，若超過時間，則該名隊員操作不計分。
- (4) 若在比賽過程中因參賽作品或線圈轉子損壞導致無法繼續比賽，該隊伍即結束比賽，分數計到該名隊員為止。

### (四) 注意事項：

1. 比賽進行時，操作者只能在「起跑準備區」撥動線圈轉子，其他隊員不得碰觸比賽裝置。
2. 比賽進行時，每位參賽者在操作前，可重新調整線圈轉子，比賽時間不停秒，調整時間包含在比賽時間 3 分鐘內。
3. 線圈轉子只可以漆包線製作，表面不可塗布或黏貼物質，必要時可以奇異筆作記號，線圈轉子只能以滾動的方式前進，不得以其他方式前進。
4. 評審使用的工具活動一有 2 個計時器、45 公分以上塑膠長尺及 1 支手機，第一個計時器用來計時全部隊員操作時間在 3 分鐘內，第二個計時器用來計時每次操作線圈轉子前進的時間，長尺放於銅箔軌道旁，並以手機錄影線圈轉子滾動的情形，若線圈轉子無法到達終點線，以錄影方式確認滾動距離。
5. 軌道需呈水平，在比賽前評審得依狀況向參賽隊伍以尺量測銅箔軌道高度，前中後 3 個位置高度差需在 0.3 公分以內。

## 四. 活動二：快轉旋風—折返跑

### (一) 場地說明：

本活動場地大小約為長 180 公分、寬 150 公分，場地擺放一張 120cm 長、60cm 寬的桌子，如圖三所示。開始前準備時間，參賽隊伍於桌子擺放參賽作品預備比賽。開始比賽時，評審位在桌子一側計分，一位隊員在「操作區」操作，其他隊員在「等待區」等待輪流進行比賽。



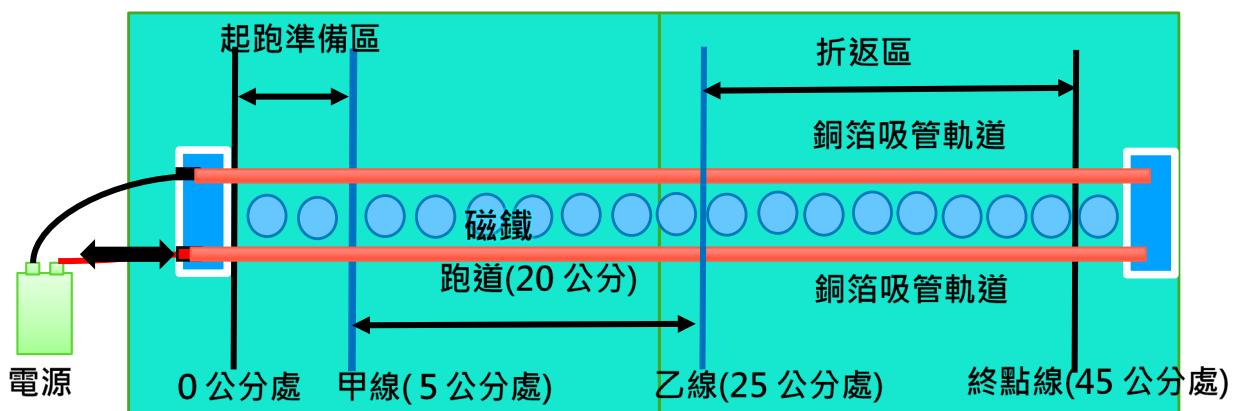
(二) 使用材料：

- 大會提供材料：漆包線（活動一、二共用）、普通磁鐵 30 個（氧化鐵材質）、強力磁鐵 17 個（釤鐵硼材質，活動一、二共用）、A4 PP 板 2 個（厚度 3 mm）、變壓器(5V,1A)、銅箔膠帶（5 mm 寬，2 m 長，活動一、二共用）、冰棒棍一枝。
- 參賽者自備材料與工具：吸管、鱷魚夾電線 2 條、底座絕緣材料（如泡棉、紙板）、鉗子、砂紙、奇異筆、剪刀、筆、尺、膠帶、雙面膠。

(三) 競賽說明：

1. 製作：

- (1) 賽道準備：取 2 張 A4 PP 板，畫製如圖五所示，以黑色奇異筆在 5 公分處標示甲線、25 公分處畫記乙線。



圖五、參賽作品賽道示意圖

- (2) 銅箔吸管軌道：與活動一共用，跑道區以雙面膠固定磁鐵如圖五，將兩條軌道的一側以鱷魚夾連接變壓器電源。
- (3) 製作磁力牽引棒：取一枝冰棒棍，在其中一端黏貼強力磁鐵。
- (4) 製作線圈轉子：同活動一製作方式，本活動需至少 3 個線圈轉子，線圈部分的最長距離需大於 0.5 公分。

2. 競賽：

- (1) 準備時間：開始前準備，有 30 秒調整裝置、軌道、磁鐵及線圈轉子，並打開電源。第 1 位隊員將「第 1 個線圈轉子」放在軌道的「起跑準備區」。第 2、3 位隊員在後方等待區準備。
- (2) 操作時間：開始前，第 1 名隊員在操作區不得觸碰參賽作品及「第 1 個線圈轉子」，另 2 名隊員在等待區預備。等評審喊「開始」同時按下計時器，第 1 名隊員才可以撥動在「起跑準備區」的線圈轉子，線圈轉子開始在軌道以滾動的方式前進至 5 公分處「甲線」時，評審按下碼錶開始計時；當轉子滾動超過「乙線」時，線圈轉子需在「折返區」折返往



相反方向行進；當線圈轉子超過「甲線」時，評審按下碼錶，即停止計時，評審記錄轉子前進時間為  $t_1$  秒；若線圈轉子無法折返回甲線，則記錄線圈轉子在跑道區由甲線開始前進及乙線折返的距離和  $s_1$ 。第 1 名隊員退回等待區，即完成第 1 輪操作。撥動線圈轉子後，只能以磁力牽引棒來控制線圈轉子行進，不得以其他方式接觸線圈轉子。

(3) 接著由第 2 名隊員進入操作區，接過磁力牽引棒，重複步驟(2)，轉子前進時間為  $t_2$ ，即完成第 2 輪操作，第 2 名隊員退回等待區。最後，第 3 名隊員進入操作區，接過磁力牽引棒，重複步驟(2)，轉子前進時間為  $t_3$ ，即完成第 3 輪操作。每輪操作僅可一名隊員進入操作區操作，三名隊員需分別完成一輪操作，全部操作時間需在 3 分鐘內完成，完成後需關閉電源。

### 3. 計分方式：

- (1) 個人成績 =  $100 \times s_i / t_i$ ， $s_i$  = 前進距離(最遠測量到乙線) + 折返距離(由乙線測量起)， $t_i$  = 完成往返時間。跑完全程者  $s_i = 40$ ，未跑完全程者  $t_i = 80$ 。參賽者可決定停止計時，並記錄距離及時間，各隊成績為三人相加。名次依參賽隊伍分數由大到小排序。
- (2) 開始前準備時間，參賽隊伍需確實將線圈轉子放置軌道上，比賽過程線圈轉子需以滾動的方式前進，參賽隊員若無法完賽，如：線圈轉子掉落、軌道或裝置損壞、碰觸到線圈轉子---等，該名隊員可將線圈轉子放回「起跑準備區」位置重新操作，或者該名隊員當次操作分數只記錄距離  $s_i$ 。每名隊員最多可操作 2 次，取 1 次最佳成績。
- (3) 每組參賽隊伍三名隊員輪流操作，比賽時間不停秒，全部操作時間需在 3 分鐘內完成，若超過時間，則該名隊員操作不計分。
- (4) 若在比賽過程中因參賽作品或線圈轉子損壞導致無法繼續比賽，該隊伍即結束比賽，分數計到該名隊員為止。

### (四) 注意事項：

1. 比賽進行時，操作者只能在「起跑準備區」撥動線圈轉子，其他隊員不得碰觸比賽裝置。
2. 比賽進行時，每位參賽者在操作前，可重新調整線圈轉子，比賽時間不停秒，調整時間包含在比賽時間 3 分鐘內。
3. 線圈轉子只可以漆包線製作，表面不可塗布或黏貼物質，必要時可以奇異筆作記號，線圈轉子只能以滾動的方式前進，不得以其他方式前進。
4. 評審使用的工具活動一有 2 個計時器、45 公分以上塑膠長尺及 1 支手機，第一個計時器用來計時全部隊員操作時間在 3 分鐘內，第二個計時器用來計時每次操作線圈轉子前進的時間，長尺放於銅箔軌道旁，並以手機錄影線圈轉子滾動的情形，若線圈轉子無法到達終點線，以錄影方式確認滾動距離。
5. 軌道需呈水平，在比賽前評審得依狀況向參賽隊伍以尺量測銅箔軌道高度，軌道前中後任 3 個位置高度差需在 0.3 公分以內。



## 五、競賽時間：70 分鐘

- 製作時間：競賽製作與測試時間(含說明及領取材料)共 30 分鐘(活動一及活動二)
- 評審時間：全部隊伍比賽時間共 40 分鐘，可分批進行。每組活動一及活動二接續進行，活動一 3.5 分鐘，活動二 3.5 分鐘，合計每組最多 7 分鐘。
- 評等：如有隊伍發生同分情況，則以活動一原始成績高者獲勝。

## 六、給評分者的建議

- 檢查事項：
  - (1) 檢查材料是否符合規定，參賽作品是否現場製作。檢查未通過者，在該隊分配的競賽時間內自行設法修正，否則取消該項目參賽資格。
  - (2) PP 板上的記號需正確畫記。
- 活動一與活動二在同一場地接續進行。
- 每個活動進行前，需確認線圈轉子的位置符合活動規範。
- 評審使用的工具為 1 支手機、2 個計時器與 45 公分以上塑膠長尺。

## 七、材料總表

品名	規格	數量	備註	大會提供	參賽隊伍自備
漆包線	直徑 0.4mm、長度至少 1 m	1捲	活動一及活動二使用	✓	
普通磁鐵	氧化鐵材質，直徑 15mm、厚 3mm	30 個	活動一及活動二使用	✓	
強力磁鐵	釹鐵硼材質，直徑 15mm、厚 1mm	17 個	活動一及活動二使用	✓	
PP 板	A4 ( 厚度 3 mm )	2 個	活動一及活動二使用	✓	
冰棒棍	15cm 長、1cm 寬	一枝	活動二使用	✓	
銅箔膠帶	5 mm 寬、2 m 長	1 段	活動一及活動二使用	✓	
5V 變壓器	輸出：5 V，1 A	適量	活動一及活動二使用	✓	
鱸魚夾電線	參賽者自行決定	2 條	活動一及活動二使用		✓
底座及支撐架	絕緣材料 ( 如泡棉、紙板 )，參賽者自行決定	適量	活動一及活動二使用		✓
奇異筆	( 黑、紅各一枝 )	2 枝	活動一及活動二使用		✓
吸管	製作銅箔軌道使用，塑膠材質，直徑至少 5 mm、長度範圍 20cm 以內	適量	活動一及活動二使用		✓
捲線器、鉗子、砂紙、剪刀、筆、尺、膠帶、雙面膠		適量	活動一及活動二使用		✓





