

# 致命引力

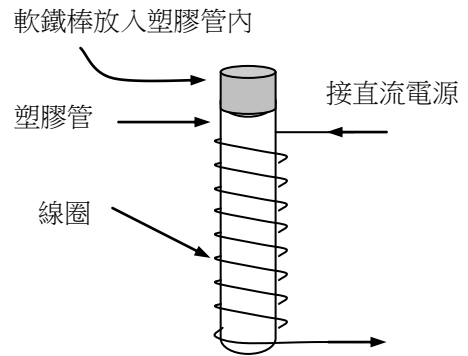
設計者：台北市立建國中學 羅芳晁老師

## 一、目的

利用自己纏繞的線圈中間放入軟鐵棒，當線圈通電後就成為電磁鐵。若把鐵墊圈放在磁極上磁化，可因磁的吸引力將墊圈當作積木堆積成各種造型。由這些操作中，可學習到電磁鐵原理、磁感應現象及一些磁鐵的性質，此外疊放積木時也可學到工程上非常重要的靜力平衡原理。

## 二、原理

1. 將導線繞成線圈通以電流後成為電磁鐵，若線圈內插入軟鐵棒其磁性可增強。這樣的電磁鐵可用電流的開關來控制其磁性的產生與消失，如圖 2-1。
2. 改變通入線圈的電流及其單位長度內所纏繞的圈數，可改變電磁鐵的磁場強度。
3. 積木只受重力作用時，上層積木之共同重心的鉛垂線不能超過襯底積木的外側邊緣，否則將因為重力的力矩作用而崩塌。
4. 積木若同時受重力與磁力的作用，則兩力的合力矩才是決定堆積時是否崩塌的原因。



【圖 2-1 電磁鐵】

### 三、競賽方式

分為「墊圈塔」與「墊圈拱橋」兩項活動進行競賽

#### 活動一：墊圈塔

##### ■ 使用材料：

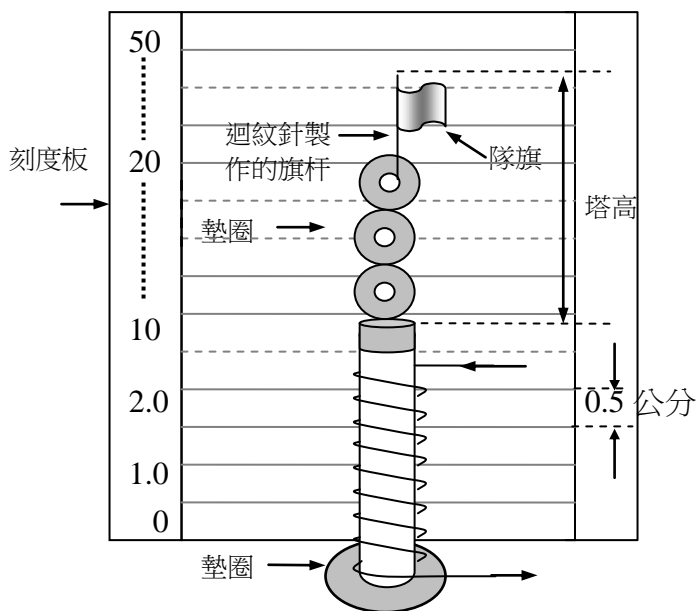
大會提供：透明膠帶、漆包細銅導線、塑膠管（製作電磁鐵用）、軟鐵棒、鐵墊圈（4"、8"、16"）、導線、密封式蓄電池、塑膠尺、大迴紋針、棉手套。

自備：隊旗、裁切工具。

##### ■ 競賽說明：

###### （一）裝置與製作說明：

1. 除隊旗以外均應利用大會所提供的材料製作（不一定全用到，但不得用其他材料），設計如圖 2-2 之墊圈高塔。
2. 電磁鐵：現場用大會提供的漆包線纏繞於塑膠管上做成線圈，在線圈內部置入長度 10cm 的軟鐵棒，即製作完成一個電磁鐵。線圈形狀可自行設計，每隊四人，共製作兩支電磁鐵。



【圖 2-2 墊圈塔】

3. 旗杆：必需用迴紋針製作，形式不拘、可自行設計。
4. 旗幟：限用「紙」的質材製作，形狀以「平面」為限，面積大小在 1~25 平方公分內。
5. 底座：電磁鐵下方限用以磁力來固定的鐵墊圈為底座。

## (二) 競賽說明：

### 1. 競賽重點：

利用大會所提供的材料及參考作法，設計電磁鐵並進行墊圈疊高，比比看誰可以設計並製作最高的墊圈高塔。

### 2. 各隊時間：5 分鐘（不含裁判評分）

### 3. 競賽程序與規定：

- (1) 全隊四人分成兩組，5 分鐘內依序堆積兩組墊圈塔，如圖 2-2 所示，逾時部分不計分。
- (2) 各隊被點名叫號後，負責手扶電磁鐵的參賽者，先戴上棉質工作手套再手扶著電磁鐵，將其鉛直豎立放於桌面的鐵墊圈底座上（式樣自行設計）。
- (3) 參賽者依裁判指令，在裁判接通電源線後手離電磁鐵，計時開始並進行堆積高塔的競賽。在競賽的同時，裁判可由背景刻度板讀出電磁鐵鉛直高度，紀錄為  $h$ （含當底座的墊圈高度），精確度到 0.5 公分為止。
- (4) 第一組堆疊完成（或宣佈放棄）後，應立即通知裁判，若作品可維持 3 秒而不倒，裁判隨即暫停計時，並進行測量及記錄第一組墊圈塔的總高度  $H$ 。塔高  $H$  的最高測量點，是旗桿的頂點，不計旗面高度；其精確度亦以 0.5 公分為準。
- (5) 等待的第二組競賽人員，於第一組計分完成後，再聽裁判指令，開始計時後進行並完成堆積第二個墊圈塔。

- (6) 電磁鐵上堆積高塔的每個墊圈必須為鉛直豎立形式，不得平放。此外插旗用的迴紋針下端不得低於電磁鐵頂端，否則不予計分。
- (7) 堆積期間不得以手扶或觸碰電磁鐵，否則不予計分。
- (8) 堆積期間倒塌可從頭再來或宣佈放棄，但計時不停止，繼續累積。

#### 4. 得點計算：

- (1) 各組高度記錄  $R$ ，依據下式計算之：

$$R = H - h$$

- (2) 各隊活動一最後的計點成績為兩組堆高記錄  $R_1$  和  $R_2$  的總和，即總點數為  $R_1 + R_2$ 。

## 活動二、墊圈拱橋

### ■ 使用材料：

大會提供：透明膠帶、漆包細銅導線、塑膠管（製作電磁鐵用）、軟鐵棒、鐵墊圈（4"、8"、16"）、導線、密封式電池、塑膠尺、大迴紋針、棉手套。

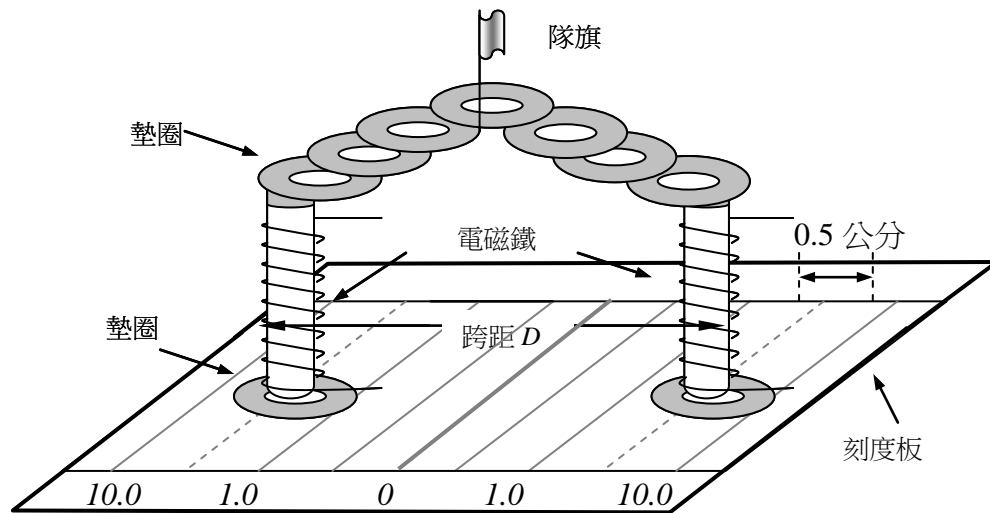
自備：隊旗、裁切工具。

### ■ 競賽說明：

#### （一）裝置與製作說明：

1. 在平放於水平桌面的刻度板上，選兩個適當位置，以鐵墊圈為底座鉛直豎立兩支電磁鐵做為拱橋柱。
2. 當兩支電磁鐵分別接通到密封式電池的電源線上時，由於底座的鐵墊圈立即被磁力吸住而能使拱橋柱固定。

3. 手扶兩根電磁鐵所做的基柱，依據電磁感應原理及靜力平衡原理，水平橫向連接鐵墊圈進行搭橋並適當調整間距，當手放開電磁鐵時，若它們能穩定不倒，則完成拱橋如圖 2-3。
4. 在軟鐵棒下方的墊圈座，限以磁力固定。



【圖 2-3 拱型橋】

## (二) 競賽說明：

### 1. 競賽重點：

利用大會所提供的材料（同活動一）及參考作法，設計兩個電磁鐵並進行搭橋比賽。比比看誰可以搭建橋面距離最長的拱橋。

### 2. 競賽時間：5 分鐘（不含裁判評分）

### 3. 競賽程序與規定：

- (1) 全隊四人分成兩組，5 分鐘內依序堆建兩組拱橋，如圖 2-3 所示，逾時部分不計分。
- (2) 各隊等待叫號前，負責手扶電磁鐵的參賽者，先戴上棉質工作手套準備。
- (3) 各隊被叫號就位後，第一組兩位參賽者可在平放於水平桌面的刻度板上，選兩個適當

位置，以鐵墊圈為底座鉛直豎立兩支電磁鐵做為拱橋柱並用手扶著，聽候裁判指令。

當裁判接通電磁鐵的電源線後，立即開始計時並進行搭橋競賽。

- (4) 參賽者搭好拱橋並調整跨距後，必須把使用迴紋針為旗杆的隊旗，鉛直豎立在以墊圈懸空連接而成的拱橋上方，當競賽者向裁判宣佈完工並雙手離開電磁鐵起，若作品可維持 3 秒而不倒，則裁判立即暫停計時並測量及記錄跨距  $D$ 。
- (5) 跨距  $D$  的量度為兩根電磁鐵外側的距離，並以 0.5 公分的精確度為準。
- (6) 拱橋必須是由墊圈連接懸空成形才算合格，此時裁判即可由桌面上刻度線讀出跨距  $D$ ，作為成績記錄。
- (7) 等待的第二組競賽人員，於第一組計分完成後，再聽裁判指令，開始計時進行並完成搭架第二組拱橋。
- (8) 計時開始後，參賽各組立即進行搭建墊圈拱橋，搭橋期間可以用手扶電磁鐵，但以該組兩人為限，否則成績不計入。

4. **得點計算**：最後的計點以兩組跨距之總和  $D_1 + D_2$  為本項計點數。

### 活動三：創意電磁積木

#### ■ 使用材料

1. 凡在電磁鐵通電時可被磁化；斷電時又能消磁的材料皆可用來製作電磁積木。
2. 積木形狀可自由設計，但應注意安全性設計，否則不予計分。

#### ■ 製作方法

只要用電磁感應方式通電後可連接堆積而成，斷電後磁性消失者均可。

#### ■ 競賽評點

以下各項取 0~6 點的範圍給點數，滿點數為 30 點，需具備有電磁感應功能。

1. 設計的創意性。
2. 設計的完美性。
3. 設計的趣味性。
4. 設計的實用性。
5. 設計的安全性。

## 四、器材

### ■ 大會提供各隊：

品名	規格	數量	備註
透明膠帶	細的，寬約 1.2cm	一小捲	1.製作電磁鐵用。 2.兩支電磁鐵共用於活動一與活動二。
漆包細銅導線	直徑約 0.4mm、長 30m	兩份	
塑膠管	口徑約 15mm、長度 10cm	2 支	
軟鐵棒	長度 10cm 直徑 1cm	2 支	
鐵墊圈	4"、直徑約 1.9 cm	10 個	共用於活動一與活動二
	8"、直徑約 2.2 cm	10 個	
	16"、直徑約 2.5 cm	10 個	
塑膠尺	30 cm	一把	
大迴紋針	長度約 4.8 cm	一支	包塑膠皮
手套	一般，棉質的工作手套	2 雙	賽後大會回收。

導線			僅於競賽評分用，不提供參賽者測試。
密封式可充電蓄電池	6.0V		

## ■ 自備

1. 自製紙隊旗：兩小面，長與寬均應大於 0.5 cm，厚度不限。
2. 裁切工具，如：剪刀（大會不提供電源）。
3. 活動三創意競賽作品。

## 五、時間

製作時間（含說明及領取材料）：30 分鐘

評審時間：每隊活動一與活動二各 5 分鐘，18 隊共 40 分鐘。

## 六、評等

將活動一與活動二的得點相加後，依六等第計分法排序決定名次，分數最高的隊伍頒發單項優勝獎，若分數相等時，以活動一得點數最高者獲獎。若活動一的得點再相同時，以活動二原始成績高低相較，高者為優勝。