

趣味磁動力

設計者/ 羅芳晁老師

一、目的

中國人利用天然磁石發明了指南針，它的原始造型成湯杓型狀如圖 1，將較重且為球面的杓底放在光滑大理石板上，使它的杓柄向上仰起，又能在幾乎可忽略摩擦力的狀態下作自由轉動，故當地球磁場對它的交互作用力達平衡時，杓柄必指向地理南邊之地球磁場的磁極，故可做為方向的參考標準，古時將這個裝置稱為司南。今日我們大都把它做成長條形的針狀，稱為指南針，又把它指向地磁南極（在地理南方，但不是地理南極）的一端稱為磁鐵的 S 極；指向地磁北極（在地理北方，但不是地理北極）則稱為 N 極。由於科學上我們接受西方人的習慣，以指北的方向為標準，所以稱為指北針。

人類雖然早已發現電與磁的現象，但卻一直到西元 1820 年，丹麥物理學家厄司特（Hans Christian Orested，1777-1851）在通電流導線的周圍發現了有磁場的產生以後，才知道兩者有密切之關聯性。繼厄司特的發現不多久，法國的安培（André-Marie Ampère，1775-1836）由實驗指出電流導線間有交互作用的磁力。以這些發現為基礎，有關電磁現象的後續發展，給今日人類的物質文明帶來了前所未有的快速成長。

電磁關係的應用已經在我們日常生活中佔有了重要的地位，因此，從聊解各種磁力交互作用的基本原理出發，我們設計了趣味科玩的競賽項目，希望藉著做中玩的競賽來啟發及培養學子們的科學興趣與創新的原動力，進而能在未來將其發揚光大，造福人群。

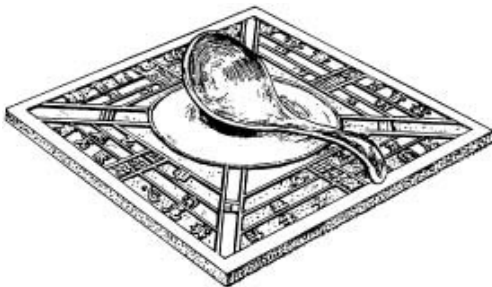


圖 1

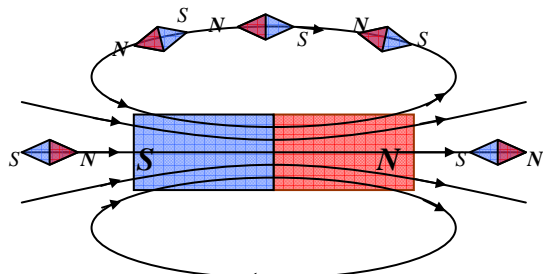


圖 2

二、原理

根據用途需要磁鐵可作成各種形狀，比較常見的樣式有條型、馬蹄型、扁圓柱型等。任意選取兩個以上的各種磁鐵，使其磁極靠近，均可發現同性極互相排斥，異性極互相吸引的現象。這種現象有點類似電荷的作用力，其力強度和距離平方成反比關係，它是在 1750 年由米契爾（John Michell，1724~1793）首先提出的研究結果。

磁力作用能到達的地方均有磁場（magnetic field）的存在，磁場可用磁力線來加以說明。若在水平透明壓克力板下方放置磁鐵，則從上方灑下鐵粉並輕輕敲板面，最後可看到鐵粉排列所形成的磁力線。如圖 2，我們也可用小指南針自磁鐵之 N 極起沿壓克力板上連續移動以繪出磁力線，磁力線的方向規定以指南針之 N 極受力的方向為準，因此繪妥後的磁力線如圖 2 之箭頭所示。

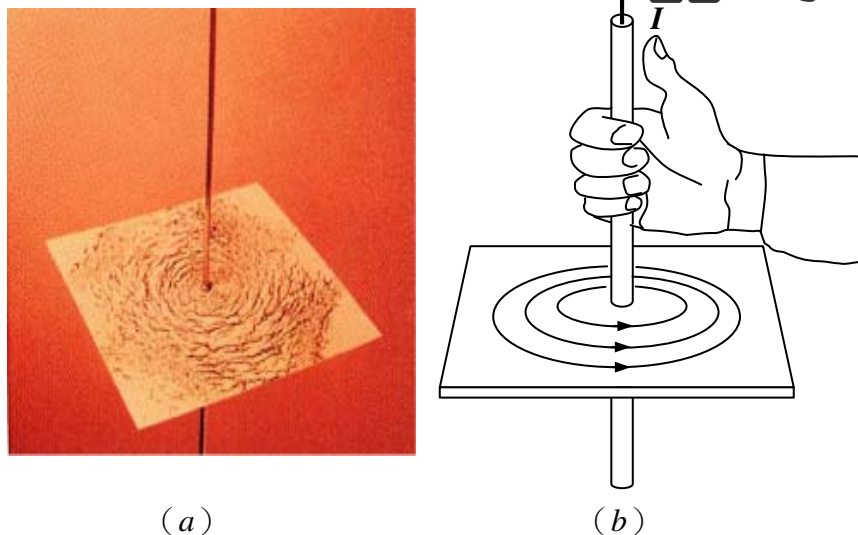


圖 3

取一通有電流的導線（底下將簡稱為載流導線）垂直穿過水平壓克力板（或玻璃板、木板、厚紙板均可），如圖 3 (a) 所示，在板上灑鐵粉並輕輕敲打壓克力板，可發現鐵粉環繞導線排列成同心圓，它所顯示的正是載流直導線所生的磁場。這個磁場與電流關係可用如圖 3 (b) 之安培右手定則來描述，即右手握導線，拇指指向電流方向，則四指彎曲方向為磁力線方向。

如果把導線繞成線圈，通以電流後，線圈成為一個磁鐵，稱之為電磁鐵。如圖 4 所示，電磁鐵之電流與磁場關係，可分別用右手拇指及四指彎曲方向來指示。線圈電磁鐵的磁場強度可以用單位長度內所繞的匝數、電流強度及圈內填充的材料來控制，若無填充物，則匝數大電流強，其磁場必強。

根據以上的磁場性質，我們選用磁性較強的人造釹磁鐵和載流導線所生的磁場來設計其交互作用的效果。這種效果成為本項競賽活動的目標。

本項競賽共有兩個活動，其中活動一是使可轉動的載流導線在釹磁鐵的磁場中受力來旋轉；活動二則是將釹磁鐵設計成為可擺動的物體，將其置入螺線管磁場中，藉磁力與重力的交互作用使其擺動起來。參賽者若能深入探討其相關原理，便可掌握競賽契機，勝算在望。

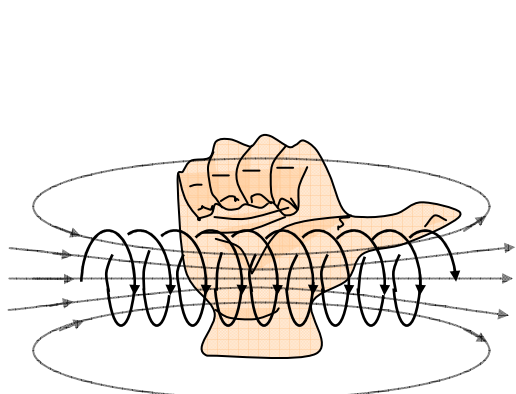


圖 4

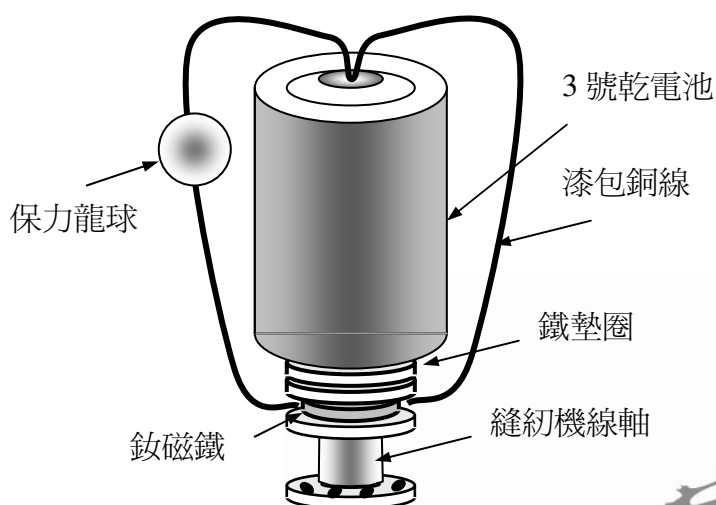


圖 5

三、活動一

(一) 場地需求

每組使用空間約為一般課桌椅大小的範圍即可

(二) 使用材料

每隊使用材料：漆包銅線一條（長度 80 公分，直徑約 0.5mm）、釹磁鐵兩個（直徑約 12mm，厚度約 2 mm）、1 分半軟鐵墊圈（鍍鋅華司）8 個（外徑 12.8 mm，內徑 5.2 mm）、縫紉機金屬線軸兩個（外徑 20.2 mm，高 11.4 mm）、砂紙一片（A4 大小）、底部中心有凹陷之 3 號乾電池兩個、直徑 1cm 的保麗龍球兩個。

每隊可自備的工具及材料：尖嘴鉗、挫刀、美工刀、剪刀、潤滑劑、黏土。

(三) 競賽製作

1. 使用上述材料製作一個有造型的載流導線，使它可在釹磁鐵的磁場中受磁力作用而能產生轉動的簡易馬達。其造型參考圖 5 所示。
2. 造型可自由創意，但除潤滑劑以外，均需使用大會所提供之材料，也不得以自備工具當作材料使用。
3. 每隊分成兩組，各自製作一個造型參加比賽，競賽時同隊兩組不得共用任何附件。（不同隊亦不得使用他人造型參賽）。
4. 每組自備練習用 3 號乾電池至少 1 個（競賽用乾電池由大會統一提供）

(四) 競賽說明

1. 每隊分成甲乙兩組，各組使用自己的造型依序參賽，造型或其附件不得共用，也不可借用他隊之造型或零件，經發現者，本項不予計分，也不得補賽。
2. 競賽時，每隊各組可用總時間為 1.5 分鐘，時間結束，計分即確定，逾時部分不算。
3. 競賽時，在總裁判號令下開始計時，各組也在此一同時才可將裝置安置於桌面上，按置妥當時，應立即發聲告知計次裁判，並通電使轉動裝置起動。啟動後應離手不得再觸碰，否則不予計分，但可重新起動，再重新計次，但計時不暫停仍繼續累加，時間用畢競賽結束。
4. 計次裁判於接到參賽者發聲通知時，立即觀察轉動裝置是否啟動，若發現已經啟動，應立即開始計時，經歷 10 秒後，高喊計次開始，計算此後 30 秒內轉動的圈數。若總時間已結束，計次也同時終止，超時部分不計成績。
5. 競賽中若有疑問應立即向現場裁判提出，賽後不與理會。

(五) 競賽/製作時間

製作與練習時間共 10 分鐘

(六) 評分標準

將各隊兩組，在各自的有效時間內所計算之轉動圈數相加，作為該隊之活動一的成績。其計分標準採六等第計分法，如下表所列：

轉動圈數	0~20	21~36	37~47	48~56	57~63	64 以上
點數	6	9	12	15	21	30

四、活動二

(一) 場地需求

每組使用空間約為一般課桌椅大小的範圍即可

(二) 使用材料

每隊使用材料：漆包銅線一條（淨重 20 克 \pm 10%，直徑約 0.5mm）、釹磁鐵兩個（直徑約 12mm，厚度約 2 mm）、三角形迴紋針 2 支、小吸管兩支（外徑 5mm）、砂紙一片（A4 大小）、養樂多瓶 2 個、2 入附開關的 3 號電池盒兩個、3 號電池 4 個、直徑 1cm 的保麗龍球兩個。

每隊可自備的工具及材料：尖嘴鉗、挫刀、美工刀、剪刀、錐子、潤滑劑。

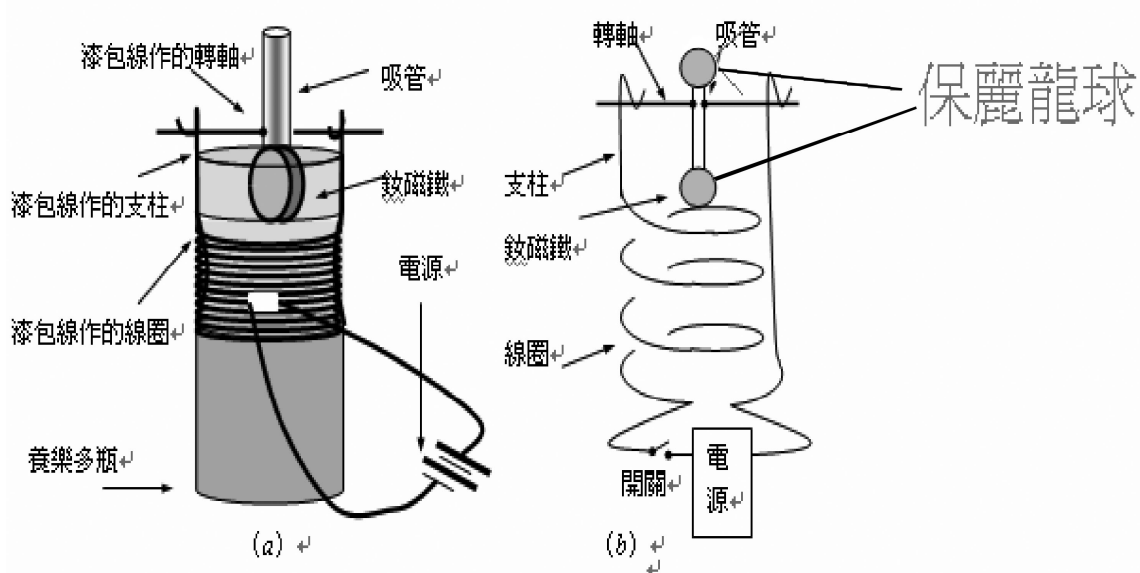


圖 6

(三) 競賽製作

1. 使用上述材料製作一組可在電磁場中受磁力作用來回擺動的釹磁鐵裝置，其造型參考圖 6 (a)；電路則參考圖 6 (b)。
2. 造型可自由創意，但除潤滑劑以外，均需使用大會所提供之材料，也不得以自備工具當作材料使用。
3. 每隊分成兩組，各自製作一個造型參加比賽，競賽時同隊兩組不得共用任何附件。（不同隊亦不得使用他人造型參賽）。
4. 每組自備練習用 3 號乾電池至少 2 個（競賽用乾電池由大會統一提供）

(四) 競賽說明

1. 每隊分成甲乙兩組，各組使用自己的造型依序參賽，造型或其附件不得共用，也不可借用他隊之造型或零件，經發現者，本項不予計分，也不得補賽。

2. 競賽時，每隊各組可用總時間為 1.5 分鐘，時間結束，計分即確定，逾時部分不計成績。
3. 競賽時，在裁判號令下開始計時，各組也同時才可將裝置安置於桌面上，按置妥當並確定擺動裝置呈靜止態時，立即發聲告知計次裁判，並通電使裝置起動。啟動後應離手不得觸碰，否則不予計分，但可重新起動，再重新計次，而計時不停止仍繼續累加，總時間用畢競賽結束。
4. 計次裁判於接到參賽者發聲通知時，立即觀察擺動裝置是否自靜止啟動，並開始計時及計算 30 秒內來回擺動的次數（1 個來回算一次）。
5. 競賽中若有疑問應立即向現場裁判提出，賽後不與理會。

(五) 競賽/製作時間

製作與練習時間共 10 分鐘

(六) 評分標準

將各隊兩組，在各自的 30 秒內所計算之有效擺動次數相加，作為該隊之活動二的成績。其計分標準採六等第計分法，如下表所列：

擺動次數	0~20	21~38	39~51	52~61	62~67	68 以上
點數	6	9	12	15	21	30

五、活動三

- (一) 創意作品：凡能用電磁力交互作用所產生的轉動或振動之設計皆可，但應注意安全性的設計，否則不予計分。
- (二) 評選重點：以下各項取 0~6 點的範圍給點數，滿點數為 30 點，但需具備電磁力交互作用。
 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。

六、材料總表

(一) 大會提供

	品名	規格	數量	備註
活動一	漆包銅線	長度 80 公分，直徑約 0.5mm	一條	
	釹磁鐵	直徑約 12mm，厚度約 2 mm	兩個	
	軟鐵墊圈	外徑 12.8 mm，內徑 5.2 mm	8 個	1 分半（鍍鋅華司）
	縫紉機金屬線軸	外徑 20.2 mm，高 11.4 mm	兩個	
	砂紙	A4 大小	一片	
	3 號電池	底部中心有凹陷	兩個	UM3NT

	保麗龍球	直徑 1cm	兩個	
活動二	漆包銅線	淨重 20 克±10%，直徑約 0.5mm	一條	
	釹磁鐵	直徑約 12mm，厚度約 2 mm	兩個	
	三角形迴紋針	25.4mm	兩隻	
	小吸管	外徑 5mm	兩支	
	養樂多瓶	一般	兩個	
	砂紙	A4 大小	一片	
	3 號電池盒	2 入附開關	兩個、	
	3 號電池	UM3NT	4 個	
	保麗龍球	直徑 1cm	2 個	

(二) 自備器材

	品名	規格	數量	備註
活動一	尖嘴鉗	自選	自定	
	挫刀	自選	自定	
	美工刀	自選	自定	
	剪刀	自選	自定	
	潤滑劑	自選	自定	
	3 號電池	UM3NT	2 個	
	黏土	自選	自定	
活動二	尖嘴鉗	自選	自定	
	挫刀	自選	自定	
	美工刀	自選	自定	
	潤滑劑	自選	自定	
	錐子	自選	自定	

	剪刀	自選	自定	
	3 號電池	UM3NT	4 個	

七、時間總計

(一)本項競賽時間：共計 55 分鐘

(二)製作時間(含說明及領取材料)：18 隊共 25 分鐘

(三)評審時間：18 隊共 30 分鐘

八、總評分

活動一、二分別排序以六等第計分後，兩部分的分數相加即為本項目成績。最高分者若不只一隊則以活動一成績較佳者為第一名，可獲『趣味磁動力』單項冠軍。

