



門多西諾馬達

設計者：葛士瑋 老師、吳原旭 老師

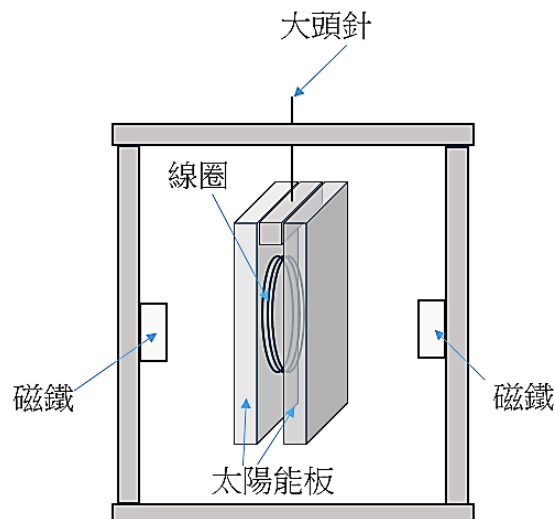


一、目的

透過設計製作門多西諾馬達，使用光電綠能運轉機械進行比賽，探討太陽能光電板發電、電流磁效應、電動機原理、轉動力學等科學原理，學習相關科學技術，並培養提升能源效率、促進地球永續發展概念。

二、裝置說明

1. 門多西諾馬達是應用光能轉換成動能的裝置，簡易的門多西諾馬達構造如圖一所示。



圖一：常見的門多西諾馬達構造圖

2. 門多西諾馬達以太陽能板和線圈製成轉子，置於磁場中。太陽能板照光後產生電壓，使線圈通入電流並產生磁場，利用磁場與磁場間的交互作用力推動轉子轉動。本競賽活動希望參賽者能探究相關原理及變因，自行設計並製作線圈、轉子及支架結構，以獲得控制轉速的方法，以及高效率的能源轉換。

三、原理：

光伏效應：利用半導體的光電效應，當太陽輻射或強光照射至半導體材料時，可將光能直接轉變為電能而輸出直流電。

電流磁效應：載有電流的導線周圍會產生磁場，所形成的磁場強度與方向，會受到電流大小與線圈外型的影響。

電動機原理：基於電流的磁效應，當電流進入線圈會產生磁場，讓線圈磁場與固定的磁鐵相互吸引與排斥，形成連續轉動的裝置，即可將電能轉換成動能。

力矩、轉動與轉動慣量：造成物體轉動狀態改變的因素有「力矩」及「轉動慣量」，角加速度與力矩成正比，與轉動慣量成反比。

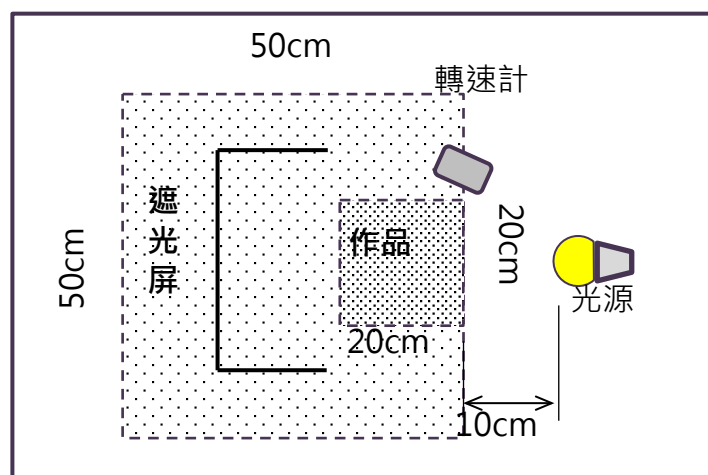
能源效率：能源利用中，發揮作用的與實際消耗的能源量之比。改善能源效率一般是通過採用更有效的技術或生產過程或通過應用程式的普遍接受的方法來減少能源損失。

四、活動設計：

活動一名稱：門多西諾轉轉轉

A. 場地說明：

使用一張會議桌，將製作好的門多西諾馬達至於中央作品區域內(20cm×20cm)，請注意太陽能板邊緣與作品框架不得超出作品區域範圍，距離作品區一側10cm之外放置LED光源(3W、5V、USB接口，大會提供)，在作品區另一側30cm距離內、50cm寬範圍內可擺放遮光屏(大會提供)，如圖二所示。距離作品適當位置處放置轉速計(大會提供)。



圖二：門多西諾馬達測試區域分布圖

B. 使用材料：

1. 大會提供：太陽能板2片、小磁鐵2個(場磁鐵)、厚度3mm A4規格PP板(製作支架) 1片、大頭針2隻、紅黑單芯絕緣導線各10cm。

2. 參賽者自備的材料及工具：

(1) 必要材料：

事先製作完成的手工自繞線圈1個（漆包線線徑不拘）、裁切PP板之美工刀、剪刀、直尺、切割墊等文具（製作支架用）、黏著材料（結合作品與PP板支架使用）、剝線鉗（尖嘴鉗或斜口鉗）、計時用碼表1個、錄影用手機1個、手執光源1個。

(2) 選用材料：

針、釘或軸承（可自備，做為軸心之用）、結構或軸心支撐用磁鐵（可自備，例如：吸住固定軸心之用）、轉子底部墊片、連接線圈與兩片太陽能板電極所使用的材料，如：導電膠帶、導線、鋁箔或以電熱式電烙鐵（充電式或行動電源供電）及焊錫。

(3) 不得使用市售線圈。

C. 競賽說明：

1. 作品製作流程說明

大會提供的太陽能板2片、PP板1片（活動一、二共用）、磁鐵2個、導線（可選用）、大頭針1或2支（可以自備軸心代替）。於比賽製作時間內，利用在家完成的手工自繞線圈1個，與大會提供材料，可使用自備磁鐵吸住軸心大頭針或以其他方式設計轉子轉動的軸心，製作一個可正常運作之門多西諾馬達，成品底面範圍長、寬均不得大於20cm，且需能直立於作品放置區內。

2. 作品評比操作說明

組員合作將門多西諾馬達置於作品區域內，將遮光屏置於指定範圍內。在每位參賽者評分前的測試調整時間60秒鐘內，可打開LED光源進行調整並自行選定轉速計位置、計時器位置及手機錄影位置，轉速計可以黏土固定角度及擺放位置，必需要能以錄影裝置明確穩定記錄轉速計數值。在裁判宣布調整時間60秒截止前必須使馬達停止（可以手抓住）。

(1) 第一位比快速轉：

使用大會提供的LED光源，在測試調整時間60秒鐘內，調整作品與太陽能板到預備位置。開始評分計時5秒內，可以手鬆開或輕輕撥動門多西諾馬達，開始評分後紀錄錄影時間共40秒鐘，取35秒後紀錄到的前5個轉速計數值，刪除高低極端值後的平均數值為該次轉速，**轉速愈高成績愈高。**

(2) 第二位比慢速轉：

將第一位選手測得之平均轉速頻率乘以0.2倍（慢速）即為目標轉速，使用大會提供的LED光源與自備手執光源，在測試調整時間60秒鐘內，調整作品與太陽能板到預備位置。開始評分計時5秒內，可以手鬆開或輕輕撥動門多西諾馬達，開始評分後紀錄錄影時間共40秒鐘，取35秒後紀錄到的前5個轉速計數值，刪除高低極端值後的平均數

值為該次轉速，愈接近目標轉速成績愈高。

(3) 第三位比中速轉：

將第一位選手測得之平均轉速頻率乘以0.5倍(中速)即為目標轉速，使用大會提供的LED光源與自備手執光源，在測試調整時間60秒鐘內，調整作品與太陽能板到預備位置。開始評分計時5秒內，可以手鬆開或輕輕撥動門多西諾馬達，開始評分後紀錄錄影時間共40秒鐘，取35秒後紀錄到的前5個轉速計數值，刪除高低極端值後的平均數值為該次轉速，愈接近目標轉速成績愈高。

(4) 評分開始前門多西諾馬達轉子為靜止狀態，手只能於開始評分計時5秒內，以手鬆開或輕輕撥動馬達，之後便不得碰觸。馬達裝置需能在評分時間40秒內持續轉動，未能完成者則不予計分。

(5) 轉速計記錄太陽能板反射光源之頻率(每轉一圈反射2次)，且開始評分計時後便不得碰觸轉速計及黏土。

3. 計分方式：

同隊第一人評分紀錄之轉速(以太陽能板反光頻率計)為 f ，第二人目標轉速 $f_2=0.2 \times f$ ，級分 N_2 。第三人目標轉速 $f_3=0.5 \times f$ ，級分 N_3 。

評分記錄之轉速 f 與級分關係如下：(轉速 f 計算至個位數，小數第一位算四捨五入)

轉速	N_2
$f_2 < 0.5f_2$	0.1
$0.5f_2 \leq f_2 < 0.6f_2$	0.2
$0.6f_2 \leq f_2 < 0.7f_2$	0.4
$0.7f_2 \leq f_2 < 0.8f_2$	0.6
$0.8f_2 \leq f_2 < 0.9f_2$	0.8
$0.9f_2 \leq f_2 \leq 1.1f_2$	1
$1.1f_2 < f_2 \leq 1.2f_2$	0.8
$1.2f_2 < f_2 \leq 1.3f_2$	0.6
$1.3f_2 < f_2 \leq 1.4f_2$	0.4
$1.4f_2 < f_2 \leq 1.5f_2$	0.2
$1.5f_2 < f_2$	0.1

轉速	N_3
$f_3 < 0.5f_3$	0.1
$0.5f_3 \leq f_3 < 0.6f_3$	0.2
$0.6f_3 \leq f_3 < 0.7f_3$	0.4
$0.7f_3 \leq f_3 < 0.8f_3$	0.6
$0.8f_3 \leq f_3 < 0.9f_3$	0.8
$0.9f_3 \leq f_3 \leq 1.1f_3$	1
$1.1f_3 < f_3 \leq 1.2f_3$	0.8
$1.2f_3 < f_3 \leq 1.3f_3$	0.6
$1.3f_3 < f_3 \leq 1.4f_3$	0.4
$1.4f_3 < f_3 \leq 1.5f_3$	0.2
$1.5f_3 < f_3$	0.1

該隊活動一之成績為 $f \times (N_2 + N_3)$ 。

再將上述成績計算結果以六等第計分法，並與活動二成績合算後為本項競賽成績。

活動二：門多西諾高效轉

A. 場地說明：同活動一。

B. 使用材料說明

1. 大會提供：太陽能板2片、小磁鐵2個（場磁鐵）、厚度3mm A4規格PP板（製作支架）1片、大頭針2隻、紅黑單芯絕緣導線各10cm、黏土30g（取適量作為重物）。

2. 參賽者自備的材料及工具

- (1) 必要材料：

事先製作完成的手工自繞線圈1個（漆包線線徑不拘）、裁切PP板之美工刀、剪刀、直尺、切割墊等文具（製作支架用）、黏著材料（結合作品與PP板支架使用）、剝線鉗（尖嘴鉗或斜口鉗）、計時用碼表1個、錄影用手機1個。

- (2) 選用材料：

針、釘或軸承（可自備，做為軸心之用）、結構或軸心支撐用磁鐵（可自備，例如：吸住固定軸心之用）、轉子底部墊片、連接線圈與兩片太陽能板電極所使用的材料，如：導電膠帶、導線、鋁箔或以電熱式電烙鐵（充電式或行動電源供電）及焊錫。

- (3) 不得使用市售線圈。

C. 競賽說明：

1. 作品製作流程說明

大會提供的太陽能板2片、PP板1片（活動一、二共用）、磁鐵2個、導線（可選用）、大頭針1或2支（可以自備軸心代替）。於比賽製作時間內，利用在家完成的手工自繞線圈1個，與學校提供材料，製作一個可正常運作之門多西諾馬達，其中軸心需穿出支架的上方，並固定一片載重PP板（厚度為3mm、矩形最短邊大於2cm），並於載重PP板上附加黏土後，調整至最佳轉動效果。成品底面範圍長、寬均不得大於20cm，需能直立於作品放置區內。

2. 作品評比操作說明

組員合作將門多西諾馬達置於作品區域內，將遮光屏置於指定範圍內。在每位參賽者評分前的測試調整時間60秒鐘內，可打開LED光源進行調整並自行選定轉速計位置、計時器位置及手機錄影位置，轉速計可以黏土固定角度及擺放位置，必需要能以錄影裝置明確穩定記錄轉速計數值。注意，此調整期間就必須確定載重PP板上附加黏土重量及位置，之後便不得更改，在裁判宣布調整時間60秒截止前必須使馬達停止（可以手抓住）。

(1) 第一人挑戰：

使用大會提供的LED光源，在測試調整時間60秒鐘內，調整作品與太陽能板到預備位置。開始評分計時5秒內，可以手鬆開或輕輕撥動門多西諾馬達，開始評分後紀錄錄影時間共40秒鐘，取35秒後紀錄到的前5個轉速計數值，刪除高低極端值後的平均數值為該次轉速，轉速愈高成績愈高。

(2) 第二人挑戰：

在調整時間60秒鐘內，可調整承載重物在載重PP板上的位置分布，但不得改變承載重物（黏土）的重量。測試調整時間60秒截止後，使馬達轉子靜止，在開始評分計時5秒內，可以手鬆開或輕輕撥動門多西諾馬達，開始評分後紀錄錄影時間共40秒鐘，取35秒後紀錄到的前5個轉速計數值，刪除高低極端值後的平均數值為該次轉速，轉速愈高成績愈高。

(3) 第三人挑戰同第二人。

(4) 三人都完成評分後，即可取下載重PP板上方黏土秤重，作為評分依據。

(5) 評分開始前門多西諾馬達轉子為靜止狀態，手只能於開始評分計時5秒內，以手鬆開或輕輕撥動馬達，之後便不得碰觸。馬達裝置需能在評分時間40秒內持續轉動，未能完成者則不予計分。

(6) 轉速計記錄太陽能板反射光源之頻率（每轉一圈反射2次），且開始評分計時後便不得碰觸轉速計及黏土。

3. 計分方式：

同隊三人評比紀錄之轉速（以太陽能板反光頻率計）相加，再乘以電子秤測得載重PP板上方黏土的重量，即為該隊活動二之成績。再以六等第計分法與活動一成績合算後為本項競賽成績。

同隊三人評分測得轉速分別為 f_1 、 f_2 、 f_3 ，載重 W ，則得分為 $W \times (f_1 + f_2 + f_3)$ 。

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1+活動2）。
2. 每組評審時間：活動一5分鐘，活動二5分鐘。

六、評等：

活動一、活動二分別以六等第計分法計分之後相加，再以六等第計分即為本項目得分。如有隊伍發生同分情況，以活動一原始得分優先排序。

七、給評分者的建議：

1. 檢查事項：
 - (1) 評審於製作期間檢查參賽者自製的線圈是否為手工製作，並於評分之前再檢查確認。
 - (2) 檢查作品材料是否都符合規定。
2. 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門多西諾馬達可各使用一個，也可混著使用。
3. 製作轉子的太陽能板只能使用大會提供的，且每一個轉子最多使用2個。可以PP板或自備的材料為結合板，結合太陽能板、軸心、線圈等。完成後的轉子側邊(非太陽能板面)若成為「反光面」，必須於製作時間內以油性黑筆塗黑，以免影響轉速計測轉速。
4. 活動一、二使用的支架必須以學校發的一片A4 PP板製作，每一個支架固定學校提供的磁鐵最多2個做為場磁鐵。
5. 轉子的軸心使用大會提供的大頭針，也可使用自備的針、釘、軸承...等材料。每一轉子可以有一支軸心或二支軸心。軸心與支架的結合可以自備磁鐵吸附，也可以黏貼片狀物於支架上支撐，也可穿透支架。
6. 競賽場地的LED光源座必須置於規定位置，參賽者可於計分之前的調整時間調整LED光源高度與角度。
7. 參賽者於調整時間內，自行將作品放置於作品區內，將遮光屏置於遮光屏區內，將轉速計放在轉子附近能明確測到轉速的位置，並以黏土固定，開始評分後則不可再更動。
8. 活動二，載重PP板(含黏土)於第一人開始計分起便不得再改變質量，第二、三人只可於調整時間內加強固定、調整位置角度及黏土分布，但不得改變質量。三人都完成測轉速之後，由參賽者自行取下載重PP板上方黏土，交給評審秤重。

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，以免違規而無法參賽。
3. 競賽現場不提供電源，連接太陽能板與線圈可使用自備的充電式電烙鐵或導電膠帶，或鋁箔(參考網路「秋雲的科學遊戲-門多西諾馬達二版(免焊接)」)。

九、材料及工具總表：

(一) 大會提供

品名		規格	數量
活動一 & 活動二 共用	滴膠太陽能板	53mm*18mm	4片（活動一、二各2片）
	強力磁鐵	直徑10mm、厚5mm	4個（活動一、二各2個）
	A4 PP板	3mm厚	1 片（製作支架及載重板）
	導線（選用）	單芯絕緣10cm	紅色、黑色各 2 條
	大頭針（選用）	一般	4 支
活動二	載重PP板	厚3mm、矩形、最短邊大於20mm	1片
活動二	黏土	30g	1塊

(二) 評分檢查使用

品名		規格	數量
活動一 & 活動二 共用	LED燈板	5V、3W、USB	1片
	遮光板	高50cm、寬40cm、深10cm (堅挺、可站立、能遮擋光線、不會造成強烈反光)	1片
	轉速計		
活動二	計時器		
活動二	電子秤	可記錄至0.1gw	

(三) 自備材料

品名	規格	數量
漆包線圈	不拘 (限以手工將漆包線繞在圓柱上製作)	2個 (活動一、二各1個)
接著劑、膠	不拘 (雙面膠、泡棉膠、快乾膠等，結合作品使用)	若干
連接電路器材	不拘 (電烙鐵或導電膠帶等)	
裁切文具	不拘 (必須含切割墊)	
手機碼表或計時裝置	不拘 (自行拍錄評分過程用)	
手機錄影	不拘 (自行拍錄評分過程用)	1台
結合板或材料	不拘 (結合太陽能板、線圈與轉軸，形成轉子)	
軸心材料	不拘	
其他用品	砂紙、尖嘴鉗或斜口鉗或剝線鉗等	
手執光源	手電筒或各隊可取得之光源 (但不可用雷射光源)	1個