

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科

佳作

030805

未來明日之星－地下路段工程環保「車馳掣電」
(玩具四驅車激磁發電)

學校名稱：新北市立五股國民中學

作者： 國三 苗法源 國一 陳建豪 國一 沈家岑	指導老師： 賴勝彥 殷堂欽
---	-----------------------------

關鍵詞：車馳掣電、激磁發電、地下路段

未來明日之星

地下路段工程環保「車馳掣電」

(玩具四驅車激磁發電)

壹、摘要 (前言)

一、現況局部地下工程的開發

- (一) 供水電地下化。
- (二) 電訊地下化。
- (三) 商業街地下化。
- (四) 交通地下化。
- (五) 污水處理地下化。



二、未來局部地下道路工程的開發與應用

道路地下化發電 (環保能源) 的探討。



三、此單元活動 (玩具四驅車激磁發電)

- (一) 以構思探討說明未來地下化發電的一些概念架構、原理、應用與一些須考量因素等可行性。
- (二) 用模型車子、軌道、發電組、地下化的設施來模擬探討，並以動態玩具四驅車模擬激磁發電方式來完成此作品。
- (三) 透過磁鐵與各項發電組相互激磁實驗的數據來分析比較探討發電量 (電壓、電流、功率) 之間關係並作結論，可延伸應用於地下路段工程發電實用性的依據。

貳、動機



- 一、兒時（小學）我們曾玩過軌道四驅車的玩意，於是燃起心中的創意，是否能實現環保能源發電的構想。
- 二、現今的交通網四通八達、車潮如流及現代的工業化及城市化用電日益需求，由目前的能源開發已有水力發電，火力發電，核能發電的電量，已不敷使用，進而由風力發電、太陽能發電來輔助，但仍嫌不足，因此未來地下工程發電「車馳掣電」值得我們來探討，並加以開發，以因應未來環保能源趨勢來解決能源的短缺。



參、目的

- 一、此單元活動中是來探討模擬車子行駛道路（公路）中發電的可行性。
- 二、經由此單元實驗活動中激磁速率等紀錄最大發電量為 124.8mw，相當於一部車子的時速。約 30 公里以下，在實際應用上可加大磁鐵與擴充發電組，便達數拾瓦特以上，若再擴大路段及車潮並提高車速（30 公里以上），其發電量亦可達百瓦、仟瓦甚至萬瓦以上。
- 三、在活動應用單元進階探討路段組總發電量之效能，電磁鐵如何減重減體再提升效能，並找出解決方案及因應未來電動車的世界（動力能源補充站）。
- 四、為環保能源百年之計在實際應用上「車馳掣電」的工程遲早會開發的，因取之不竭的環保能源電力，在經濟效益上是指日可待的。

肆、材料

塑膠瓦楞版	四驅車	Airpump (矽鋼片、 銅線)	磁鐵	一般 LED	照明 LED 12-18V
釘槍	熱溶槍	烙鐵	數位電表	厚雙面膠	鱷魚夾線

伍、研究過程

- 一、生活上（小型）發電應用
- 二、工程上（大型）發電應用
- 三、磁電道路工程概念

- 四、電磁鐵與激磁生電原理特性與概念
- 五、路段地面、兩側及地上地下道路工程感應發電各種形式歸納、比較分析與選用
- 六、車子附加設備應用示意圖
- 七、道路工程設備應用示意圖
- 八、路上（磁鐵）及地下（發電組）材料及配對表與原理
- 九、矽鋼片與線圈和車子磁鐵模組化
- 十、道路工程各種因素考量
- 十一、模擬軌道（模型）的製作
- 十二、激磁玩具（模型）車取材選用與加工
- 十三、發電組：現今材料實驗取得歸類比較、分析與選用
- 十四、發電組模組化組合製作與實驗觀察
- 十五、作品
- 十六、實驗磁鐵（磁力）與線圈（發電組）單串激磁：操作與量測比較分析結論
- 十七、實驗磁鐵（激磁）運動速度（頻率）發電量的量測（線圈總內阻為 67K 歐姆）
- 十八、實驗磁鐵大小（磁力大小）發電量測量（線圈總內阻為 2.725k 歐姆）
- 十九、實驗總結論：提高發電量（磁鐵與發電組之距離不變時）
- 二十、實驗材料對磁的超磁力（穿透力）

一、生活上（小型）發電應用

各式發電器材的原理與應用（照片圖）



二、工程上（大型）發電應用

	能源	運動方法	電力	環保	現況	原理
	核能 火力（石油）	力圓周	AC	不	已開發	佛來銘 右手定則
	風力	力圓周	AC	是	局部開發	佛來銘 右手定則

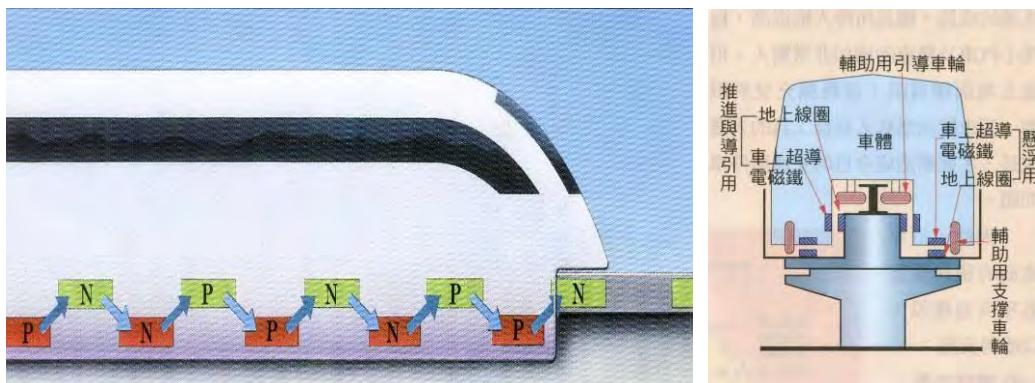
	水力	力圓周	AC	是	已開發	佛來銘 右手定則
	太陽能	光子撞擊	DC	是	局部開發	光電
	車子	力直線	AC	是	未開發	法拉第 冷次定律

生活與工程上的應用優點：

1. 太陽能板能以串並聯方式組裝成工程上的大電力。
2. 「車馳擊電」能以線圈模組化後以串並聯方式組裝成工程上的大電力。

三、磁電道路工程概念

(一) 磁浮電車原理與概念示意圖



(二) 道路工程設施的基本配備與概念示意圖



(三) 路段道路發電之類別

1. 地上風切發電（道路兩測）。
2. 地上感應發電（道路兩測）。
3. 地下壓力發電（道路地下）。
4. 地下感應發電（道路路面地下）。

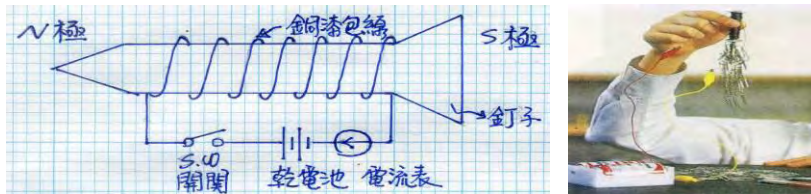
註：風切（風力）發電因構造較複雜，非本單元所能探討的。

(四) 未來取之不竭地下發電概念

1. 利用磁力產生電的原理。
 2. 一般發電機的構造，磁鐵與線圈是合而為一體的。
 3. 未來道路發電是使車子（加裝磁鐵）與道路（加裝線圈）或車子（加裝線圈）與道路（加裝磁鐵）是各自分離的。
 4. 車潮發電取之不竭與感測（偵測）的應用更為廣泛。
- (五) 未來地下發電道路工程及車體材料（鋁線、鋁合金、塑膠鋼）

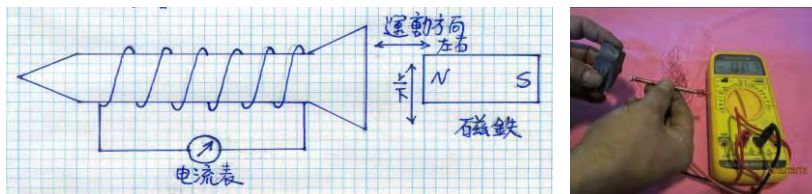
四、電磁鐵與激磁生電原理特性與概念

(一) 由電池線圈產生磁性（電磁鐵）的概念



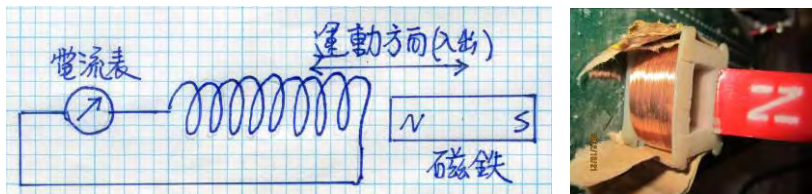
1. 材料有：馬達、抽風機、冷氣機、風扇…等家電產品變壓器。
2. 應用：此單元活動中，電磁鐵可應用此原理來取代永久磁鐵，可做為車子加裝模組化的磁鐵組（電磁鐵在應用上如應用活動單元二圖所示）。

(二) 由磁鐵線圈、鐵釘產生電力（發電機）的概念



1. 材料有：變壓器、Air.pump，及各式的發電機……等材料與成品的家電產品。
2. 應用：此單元活動中，發電組（線圈）是利用磁鐵激磁的原理來發電的。

(三) 激磁線圈感應發電（內式發電）

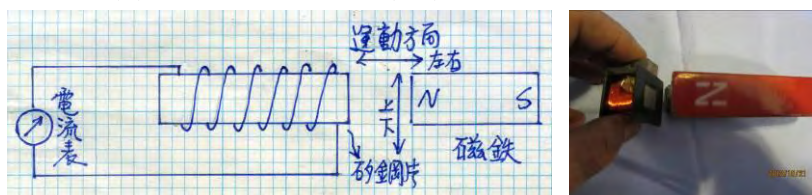


線圈與磁鐵為一體，不可分離使用，運動方向須深入線圈內。

內式激磁發電：轉子線圈在定子兩磁鐵（磁力線）內運動。

註：感應電壓效果佳但磁鐵須在線圈內外移動，其運動的速率要很快。

(四) 激磁有矽鋼片線圈感應發電（外式發電）



線圈與磁鐵可分離使用，運動方向可任意活動。

外式激磁發電：轉子磁鐵在定子線圈外運動。

註：

1. 此單元活動，乃利用此材料結構與原理來完成的。
2. 激磁感應發電：矽鋼片受磁鐵的感應，再將感應的磁力在線圈上做磁力的切割。

(五) 結論

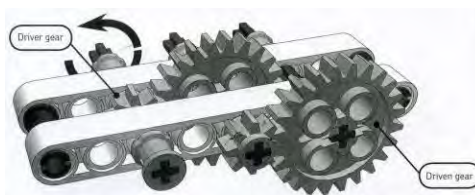
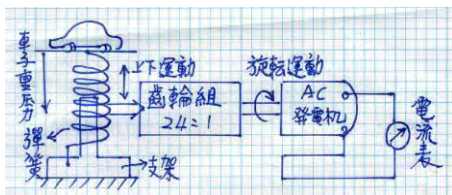
應用	發電組	磁鐵運動方式	磁力切割 (發電)
內式發電機	線圈	出入	大
外式發電機	線圈與矽鋼片	接近	小

此單元採外式激磁發電，因車子下的磁鐵運動方向 (動態) 須與路面下的線圈靜態分開的 (適用於地下道路工程)。

五、路段地面、兩側及地上地下道路工程感應發電各種形式歸納、比較分析與選用

路段 (道路)	發電	感應距離	齒輪組	構造	發電方式	彈簧作用力	行車安全性	成本
地下	車子重量 壓力	長	要	複雜	磁電	要	差 上下晃動	高
地上 兩側	車子速度 感應	長	無	簡單	磁電	不要	可	低
地下	車子速度 感應	短	無	簡單	磁電	不要	可	低

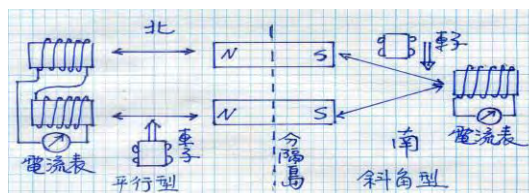
(一) 地下壓力發電 (車子重力)



地下壓力發電因 (1) 構造複雜 (2) 經濟成本高 (3) 行車安全性差，故此單元活動不予採用。

(二) 地上兩側發電 (感應型)

1. 平行型與斜角型實驗



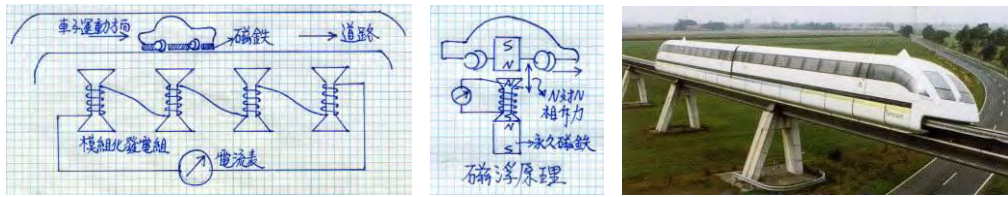
2. 結論：

(1) 以上實驗平行型與斜角型，均感應不到發電的電壓值，其效果不佳 (構

想實驗失敗)，故此單元活動探討結果不予採用。

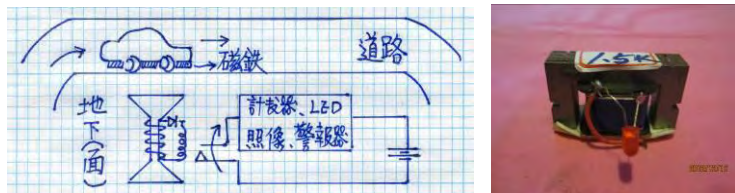
(2) 接下來再探討地下發電的可行性。

(三) 地下區段發電(感應)圖



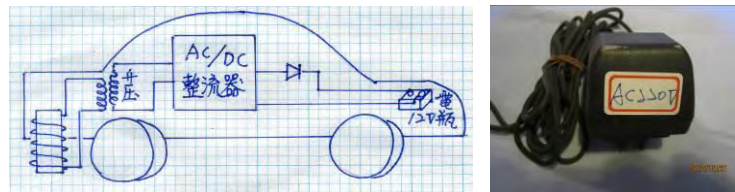
1. 由上述實驗地上兩側發電得知，地上兩側發電是沒有效率的(失敗)，進而改良採用地下發電方式的可行性。
2. 如上圖所示，車子底盤加裝磁鐵，及地下加裝線圈組接近地面(距離近)。
3. 以矽鋼當作磁鐵的感應而產生磁性，作用於線圈內。
4. 實驗：每一個線圈並接一個 LED，當車子行駛而過時則 LED 會發亮，即代表此種方式(地下發電)有感應較大的電壓，因而採用之。

(四) 地下偵測感應發電應用指示圖



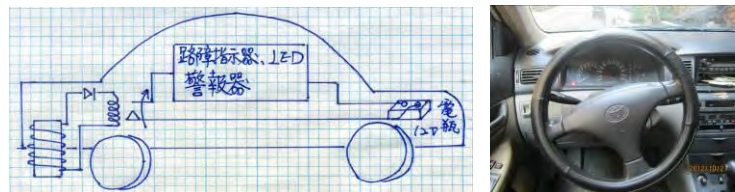
六、車子附加設備應用示意圖

(一) 車子內部發電應用示意圖



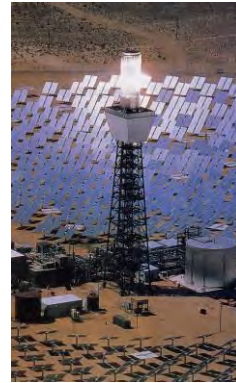
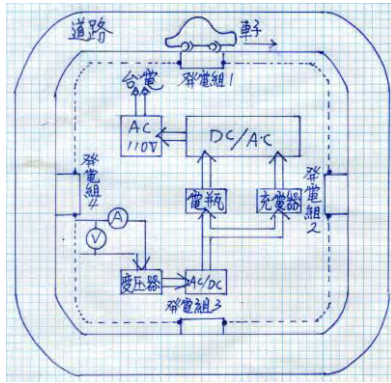
註：其應用如應用活動單元四所示(未來電動車的世界)。

(二) 車子偵測感應應用示意圖

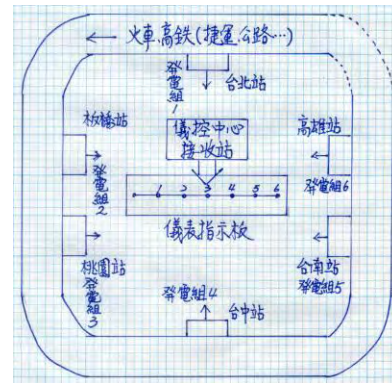


七、道路工程設備應用示意圖

(一) 交通區段行車發電、集電、變電、儲電中心設施示意圖



(二) 交通行駛概況監控中心設施示意圖



(三) 交通行駛道路感測輔助設施示意圖



八、路上（磁鐵）及地下（發電組）材料及配對表與原理

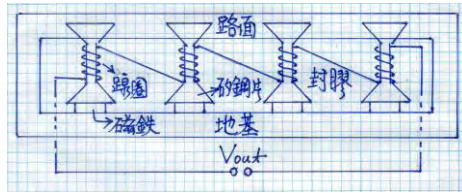


材料	搭配	運動方式	能源	配對原理
磁鐵	車子	動態	磁力	磁力線切割
線圈	矽鋼片	靜態	感應發電	割

矽鋼片是良好的導磁材料，磁力線會依矽鋼片的造型而改變方向，在應用上如應用活動單元二圖所示。

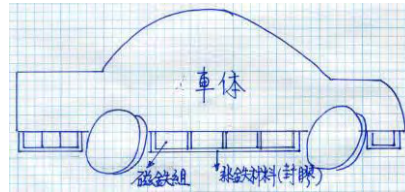
九、矽鋼片與線圈和車子磁鐵模組化

(一) 地下區段工程發電模組化



將矽鋼片與線圈所組成的發電組封膠成模組化，並置於地面下。

(二) 車子內部工程磁鐵模組化



永久磁鐵亦可用車子的電瓶供給電磁鐵來取代（如應用活動單元二圖所示）。

十、道路工程各種因素考量

(一) 安全性的考量

1. 磁鐵的重量大小須小於 (\ll) 車體的重量（一般車子的重量很大約 1 噸以上）。
2. 車子前進或轉彎的慣性 ($F = M \times V \div T$) 須大於磁鐵的磁力（吸力或斥力）。
3. 車體下的永久磁鐵（電磁鐵）須適當安置。
4. 發電組內的矽鋼片也須承受車體重量的壓力（一般矽鋼片組很堅硬）。
5. 路面與發電組的地基須牢固。

註：安全性考量乃是為了使車子的操控性不受影響而使車子在行駛中更順暢。

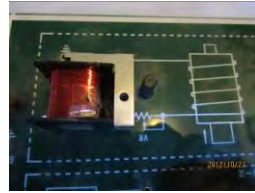
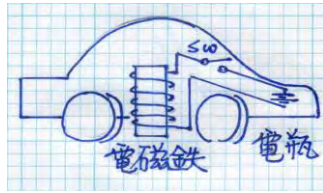
(二) 發電效率（如研究過程活動單元第十九項）。

(三) 路段工程實施安裝對象與限制

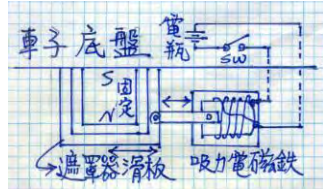
1. 由車子內部發電及地下發電實施之使用路段。
 - (1) 直線路段（下坡路段）。
 - (2) 平坦路段。
 - (3) 區域路段。
 - (4) 高速路段。
2. 限制使用路段。
 - (1) 顛簸路段。
 - (2) 轉彎路段。
 - (3) 低速路段。
 - (4) 變換車道。

(四) 防磁護罩措施及電磁鐵取代車子上激磁的永久磁鐵。

1. 實施對象在不須發電時，避免車子行駛中吸附路面上殘留鐵的材料（鐵屑），以降低行車安全。
2. 用電磁鐵來取代永久磁鐵的應用時，只要 SW ON 時為激磁發電；當 SW OFF 時切斷車子電瓶上的電壓即消磁，如下圖所示。



3. 永久磁鐵加護罩控制，如下圖所示。



4. 以喇叭來實驗比較其效果

喇叭	護罩	吸釘子	作用
	有	無動作	防磁外洩
	無	有	磁外洩

註：防磁外洩（防磁套）之應用，如應用活動單元二圖所示。

十一、模擬軌道（模型）的製作（照片圖）



十二、激磁玩具（模型）車取材選用與加工

	款式	導輪	馬力	扭力	耗電	速度
	玩具一般車	無	弱	大	小	慢
	玩具四驅車	有	強	小	大	快

加工：選擇玩具四驅車底盤前下、中下或後下方加裝強性永久磁鐵（用熱熔膠或厚雙面膠黏著固定）。

十三、發電組：現今材料實驗取得歸類比較、分析與選用


(一) 雙出入變壓器（升壓、降壓用）與單入變壓器（air pump 打空氣用）的規格磁感應發電

	入出	入力電壓規格	線內阻	感應電壓	出力電壓規格	線內阻	感應電壓
	雙	220V	1K	0.2V	6V	2Ω	0.01V
	雙	110V	500	0.1V	4.5V	3Ω	0.02V
	單	220V	1K	1.8V	/		
	單	110V	500	1V			

選用單入變壓器（Air pump）之優點

1. 因雙出入，在使用入力或出入時其感應電壓很弱，而不採用之。
2. 在同安培數（線徑）上，體積、重量都比較小且輕的優點。
3. 在相同的內阻上，單入力比雙出入的圈數為多，因此感應出的電壓也較大，故採用之。

(二) 單入變壓器（air pump）一般規格體積大小的感應發電電壓及電流量測比較。

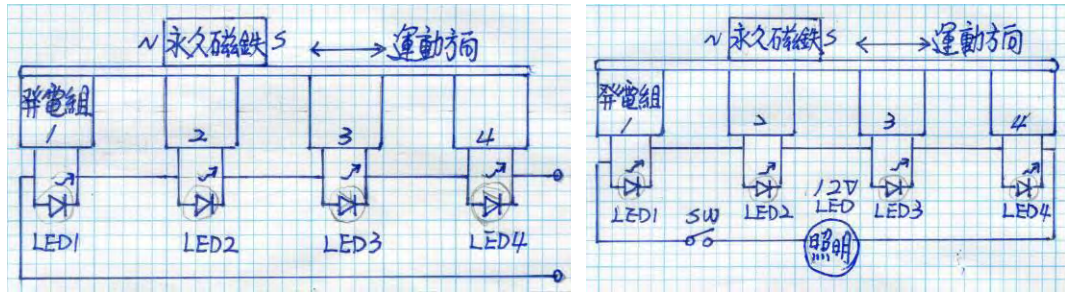
	體積	入力電壓規格	入力電流規格	線內阻	感應電壓	感應電流
	小	110V	小 0.5A	3.5K~12K	1.8~3.5V	小（1mA）
	大	220V	大 1A	500~3K	1.5~3V	大（3mA）

體積大的其感應出的電壓較小（雷同），但感應的電流較大，因線圈的線徑較粗。

註：

- (1) 以上實驗所量測的激磁發電，乃是磁鐵靠近發電組瞬間吸力或拉力所感應電壓、電流值比較所得大約值。
- (2) 各項實驗量測精確值請參閱第十六項以後的各實驗操作與量測。

十四、發電組模組化組合製作與實驗觀察



(一) 材料表

壓克力尺	厚雙面膠	膠帶	一般 LED	照明 LED
發電阻	烙鐵	焊錫		

(二) 製作步驟

1. 取用一些內阻接近的發電組用雙面膠加厚，使其每一個發電阻的體積大小相似。
2. 將兩根長約 30 公分塑膠尺與各個發電組用雙面膠黏著，以使每個發電組排成同方向的一直線成為長方柱形。
3. 將每一個發電組兩端接點按順序串用烙鐵焊接，並再前後兩端引出導線，以作輸出用。
4. 在每個發電組接上 LED 或模組化後接照明 12V LED（或 18V LED）。

(三) 激磁現象實驗觀察



1. 裁一片與尺大小的塑膠瓦楞板置於模組化發電組上。
2. 取一塊強性磁鐵在瓦楞板上左右移動，則各個 LED 會亮起來。
3. 3V LED 與 12V LED 亮度觀察現象（如上圖所示）。
 - (1) 各個發電組已接 3V LED 之同時，再將 SW 按下，則 12V LED（照明）不會亮（但各個 3V LED 仍會亮）。
 - (2) 若各個發電組未接 3V LED，當 SW 按下時，12V LED（照明）會亮。

註：實驗結論

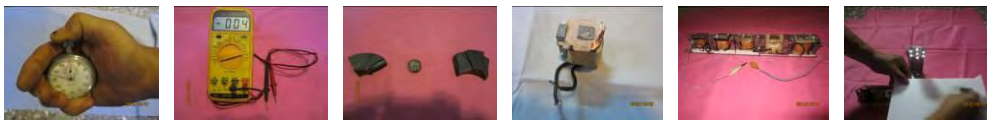
- (1) 各個發電組確實能激磁發電。
- (2) 模組化的發電組比各個發電組的發電量為大。
- (3) 3V LED 與 12V LED 同時接上只能單一方才會動作（亮），即證明總發電量其電壓值有提升現象，但電流量仍嫌太小不夠（分流負載效應）。

十五、作品

結構照片圖



十六、實驗磁鐵（磁力）與線圈（發電組）單串激磁：操作與量測比較分析結論



（一）發電組內阻（電阻）大小（圈數多與少）感應發電量測

1. 條件：

- （1）磁鐵與發電組之距離約 0.6 公分。
- （2）二串以上須將各發電組兩端點互串聯之焊好。
- （3）永久磁鐵必須使用同一個（磁鐵重 100 公克）。
- （4）各個發電組的內阻須選擇倍數關係。

2. 操作：

- （1）模組化發電組（注意方向）墊上塑膠瓦楞版。
- （2）取一塊磁鐵在塑膠瓦楞板上做左右滑動。
- （3）在模組化發電組兩端各接電壓表及電流表。
- （4）量測電壓時，安培表短路。量測電流時，電壓表短路。
- （5）以計時跑馬表計時並記錄次數。

（二）單一發電組感應發電

	形狀	電阻	圈數	平均 AC 電壓	平均 AC 電流
	小顆	3K	多	6V	2.5mA
	大顆	1.5K	少	4V	3.5mA

（三）模組化相同內阻發電組（串聯）感應發電

	接法	電阻	圈數	平均 AC 電壓	平均 AC 電流	功率
	一串	4K	一倍	4.5V	1.5mA	6.75mw
	二串	8K	二倍	5.5V	1.4mA	7.7mw

	三串	12K	三倍	7V	1.3mA	9.1mw
	四串	16K	四倍	10V	1.0mA	10mw
	五串	20K	五倍	14V	0.8mA	11.2mw

(四) 結論：

1. 發電組內阻（電阻）與線圈的圈數（匝數）是成正比的。
2. 發電組內阻愈大（匝數愈多）時，則發電的電壓值愈高，但電流值愈小（電壓值與電流值呈反比）。
3. 一串至五串之接法比較，其功率有略升很多的現象。

十七、實驗磁鐵（激磁）運動速度（頻率）發電量的量測（線圈總內阻為 67K 歐姆）

1. 條件：

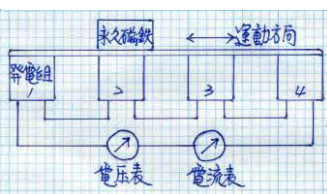
- (1) 磁鐵與發電組之距離約 0.6 公分。
- (2) 模組化內有 6 個發電組，其總長度約 30 公分。
- (3) 磁鐵運動（動態），模組化發電組固定，且磁鐵為同一個或二個磁鐵。
- (4) 用手握住永久磁鐵，以各種分類不等速來運動來操作。

$$(5) \text{ 平均值 } V = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_n}{n} \quad \text{平均值 } I = \frac{I_1 + I_2 + \dots + I_n}{n}$$

2. 操作：

- (1) 模組化發電組（注意方向）墊上塑膠瓦楞版。
- (2) 取一塊磁鐵在塑膠瓦楞板上做左右滑動。
- (3) 在模組化發電組兩端各接電壓表及電流表。
- (4) 量測電壓時，安培表短路。量測電流時，電壓表短路。
- (5) 以計時跑馬表計時並記錄次數。

(一) 量測一：一個磁鐵，發電組總內阻 67K（一個磁鐵重 100 公克）。

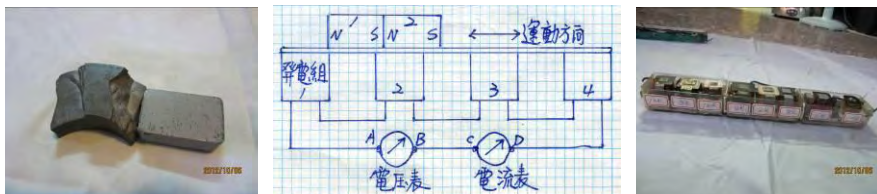


時間 (秒)	次數	週	頻率 = 週/秒	總電阻	平均 AC 電壓	平均 AC 電流	平均功率
10	14 (慢)	7	7/10=0.7	67K	12V	0.04mA	0.48mw
20	44 (中)	22	22/20=1.1	67K	20V	0.2mA	4mw
30	80 (快)	40	40/30=1.3	67K	30V	0.4mA	12mw

結論（速度快慢之頻率決定）：

模組化發電組總內阻 (67K) 不變及同一個磁鐵時，頻率 (永久磁鐵來回次數) 愈高，其發電的電壓、功率值愈高又比十六項之三實驗提高很多，且電流成正比上升。

(二) 量測二：二個磁鐵串接，發電組總內阻 67K (二個磁鐵重 250 公克)。



時間 (秒)	次數	週	頻率 = 週/秒	總電阻	平均 AC 電壓	平均 AC 電流	平均功率
10	14	7	7/10=0.7	67K	22V	0.06mA	1.32mw
20	44	22	22/20=1.1	67K	32V	0.28mA	8.96mw
30	80	40	40/30=1.3	67K	40V	0.5mA	20mw

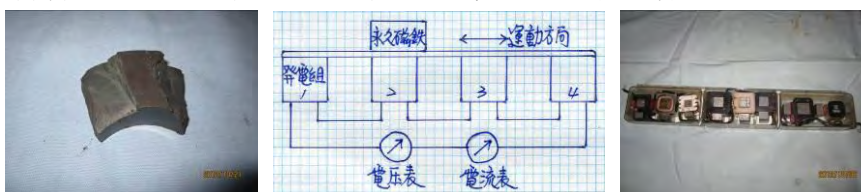
(三) 結論 (頻率由磁鐵數決定)：

模組化發電組總內阻 67K 時及二個磁鐵 (量測二) 時比一個磁鐵 (量測一)，發電比較其電壓、電流及功率值還要大 (高)。

十八、實驗磁鐵大小 (磁力大小) 發電量測量 (線圈總內阻為 2.725k 歐姆)

(一) 量測一：小磁鐵 (磁力小) 模組化不同內阻發電組總內阻 2.725K 感應發電 (一個磁鐵重 100 公克)

1. 其條件與操作方式如研究過程活動單元十七項一樣。



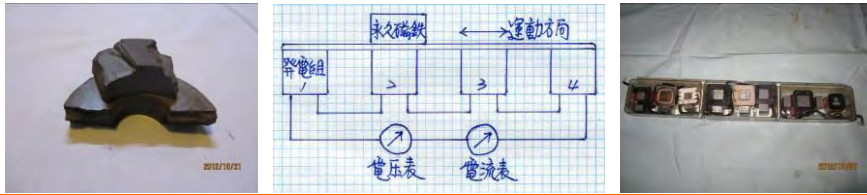
時間 (秒)	次數	週	頻率 = 週/秒	總電阻	平均 AC 電壓	平均 AC 電流	平均功率
10	14	7	7/10=0.7	2.725K	7V	2.6mA	18.2mw
20	44	22	22/20=1.1	2.725K	9.8V	3.2mA	31.36mw
30	80	40	40/30=1.3	2.725K	20V	4.2mA	84mw

2. 結論 (總內阻決定)：

模組化發電組由總內阻 67K 降至總電阻 2.725K 十八項量測時，發電比較其電壓值有下降，但電流、功率增加很多。

(二) 量測二：大磁鐵 (磁力大) 模組化不同內阻發電組總內阻 2.725K 感應發電 (二個磁鐵重 250 公克)

1. 其條件與操作方式如研究過程活動單元十七項一樣。



時間 (秒)	次數	週	頻率 = 週/秒	總電阻	平均 AC 電壓	平均 AC 電流	平均 功率
10	14	7	7/10=0.7	2.725K	8.2V	2.8mA	22.96mw
20	44	22	22/20=1.1	2.725K	14V	4.2mA	58.8mw
30	80	40	40/30=1.3	2.725K	24V	5.2mA	124.8mw

2. 實驗已知：

- (1) 模組化發電組總長度約 30 公分。
- (2) 磁鐵在模組化發電組上激磁來回共 80 次花費 30 秒，
求：車子的時速約多少公里（公里 / 小時）？

Ans：

$$\frac{\text{長}30\text{公分} \times 80\text{次}}{30\text{秒}} = \frac{80\text{公分}}{\text{秒}} = \frac{0.0008\text{公里}}{\frac{1}{3600}\text{小時}} = 28.8 \left(\frac{\text{公里}}{\text{小時}} \right) \cong 30 \text{公里} / \text{小時}$$

(三) 結論

(磁力大小決定)：

大磁鐵（磁力強）比小磁鐵（磁力弱），其發電的電壓、電流、功率值也增加很多。

十九、實驗總結論：提高發電量（磁鐵與發電組之距離不變時）

- (一) 線徑（內阻）決定：發電組的線徑愈粗，及內阻愈小及感應的電流愈大（大電流）。
- (二) 線圈（匝數）決定：發電組的圈數（匝數）愈多，及感應的電壓愈高（電壓大）。
- (三) 磁力（大小）決定：磁鐵大小（磁力大小），磁力愈強者，其感應發電愈強（電流大、電壓大、功率大）。
- (四) 磁力（速度）決定：磁力與發電組之切割速度（頻率）愈快，其發電量愈高（電流大、電壓大、功率大）。
- (五) 發電組（串並）聯決定：發電組串聯時提高電壓，並聯時提高電流。
- (六) 由此單元活動第十八項之二所量測條件下實驗最大發電量為 124.8mw，以計算車子時速為 28.8 公里 / 小時約 30 公里以下，但在實際應用上可加大磁鐵與擴充發電組，便達數拾瓦特以上，若再擴大路段及車潮並提高車速（30 公里以上），其發電量亦可達百瓦、仟瓦甚至萬瓦以上。。

二十、實驗材料對磁的超磁力（穿透力）

路面材質	材料密度	材料強度	材料損耗	加工挖孔	穿透力
塑膠	鬆	可	大	易	優
不鏽鋼	密	強	小	中	可
木板	鬆	可	大	易	優
水泥 (磁磚大理石)	密	強	小	不易	可

結論：

1. 磁力的穿透性與材質的密度有關。
2. 道路路段應用時，在發電組上面鋪上一層網狀細孔，以增加磁性的穿透力，如應用活動單元二圖所示。
3. 此單元活動：玩具四驅車很適應採用瓦楞塑膠當車子的跑道的優點
(1) 材料密度鬆。(2) 重量輕。(3) 易加工。(4) 磁穿透力大。

陸、應用

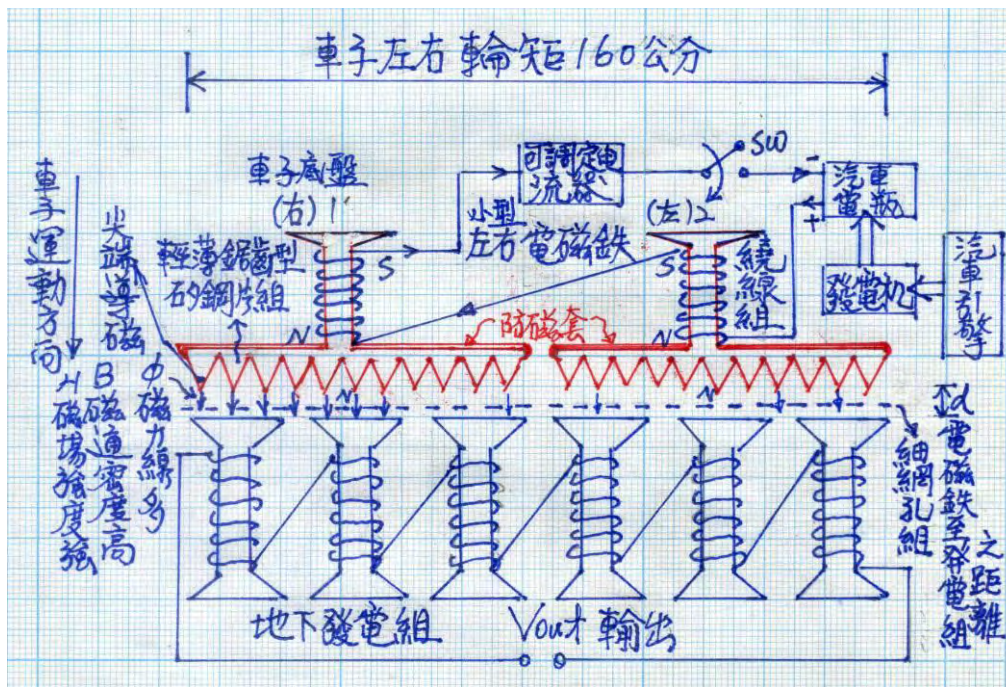
一、實驗發電組架設路段組車子正投影面之容量發電效能對照表

比照	磁鐵數	時速 (公里 /小時)	車底與 路面距 (公分)	發電組 橫排寬 (公分)	並聯 電流 (mA)	發電組 縱排長 (公分)	串聯 電壓 (V)	總發電 量效能 (瓦特)
實驗組	1 個	28.8	0.6	3.5 (1 個)	5.2	30 (1 個)	24	0.1248
路段組	車寬 1 排	28.8	0.6	路寬 340 (97.1 個)	505	車長 430 (14.3 個)	343.2	173.3

- (一) 由對照表中得知，路段磁鐵數 1 排比實驗組 (1 個)，其總發電量是非常可觀的且有效能的。
- (二) 車子底盤與地距一般 17 公分大於 0.6 公分，其總發電必低於 173.3W 以下，所以勢必增加磁鐵數的高度或密度及提高車速或用於強性磁鐵來改善之。
- (三) 但為了減輕車子載重量及提升磁力強度，以改用電磁鐵的裝置來解決，因電磁鐵具有磁力可控制性，其體積與重量皆可量小化 (1 排) 及效能 (下一單元二便是在探討此問題)。
- (四) 車子行駛中若地下發電組發電有不穩現象，可採用電力儲存器或電瓶來充放電而加以改善，但須先經由 AC / DC 整流器來處理 (如研究過程七之一圖上儲電中心及研究過程六之一圖上變壓器)。

二、探討未來電磁鐵取代磁鐵應用於車子使之減重量減體積

及效能概念示意圖。



(一) 目的：

1. 為了再提高車子的發電量 (173.3W) 及效能，勢必在輪距 (車子寬) 裝置 1 排 n 個電磁鐵，但如此多個電磁鐵而影響車子的載重量而耗油。
2. 為了克服上述問題及耗油，其車子只要裝置 2 組 (左右) 小型電磁鐵來減輕重量、減少體積即可，且須具有「 ϕ 多 B 大 H 強」，其探討作法如下。

(二) 作法：

1. 矽鋼片是最佳導磁的材料，具有導磁方向的作用 (原理與變壓器內的矽鋼片作用一樣)，只要做得輕薄、耐用即可。
2. 如上圖所示，電磁鐵矽鋼片設計成網狀鋸齒型內有數多的小鋸齒，每個小鋸齒尖端上能做尖端導磁，使得一個電磁鐵磁力線 ϕ 涵蓋面積變大，且尖端兩側漏磁現象減少，而提高效能 (量小化、減重減體、效能提高)。
3. 在同體積上選擇電磁鐵內繞線，其線徑較小 (細) 時，那繞線組的圈數必然可繞得更多，其理由 (小型化與效能) 如下：
 - (1) 汽車電瓶為 12 伏特，屬於低電壓，在電磁鐵的圈數很多時，便增加了許多磁力線 ϕ 數與提升磁通密度 B (ϕ 多 B 高，效能提高)。
 - (2) 汽車電瓶為安培小時 (50-75) 是大電流，因電磁鐵線圈線徑較小且圈數多，它的總內阻一定大些，其電瓶之大電流流過較大電阻時導不致於使銅線發燙而燒毀電磁鐵的線圈 (保護電磁鐵作用)。
 - (3) 汽車電瓶為大電流，其電流在電磁鐵內的線圈會生極大的磁場強度 H，其磁力線所到達距離甚遠，可經由可調定電流器來調整電磁鐵到地面距離 d 之磁場強度 H (H 磁場強度強)。

註：

1. 整排鋸齒組上方（非下方）加裝一組防磁套（防止磁性往上外洩）。
2. 每一個小鋸齒矽鋼片下方尖端即代表視同為一個微小型的電磁鐵（量小化、減重量、減體積）。
3. 尖端導磁會使眾多磁力線集中於一點而增強磁通密度 B 及磁場強度 H，而使磁力線直線化往下感應於發電組上，以減少尖端兩側漏磁的現象而提高效率（防止漏磁提升效能）。
4. 如上圖所示，電磁鐵內的繞線須同方向且串聯之，使之電阻變大。
5. 左右 2 個電磁鐵設計上也須小型化，使車子的載重量降低到極限，而不影響車子的耗油量為主要前提，在發電區發電量雖變小了，但可透過多路段發電與車潮及車速來提高總發電量（小型化、減重減體）。
6. 未來鋁線可取代銅線，使得電磁鐵變得更輕小，以達到減重量、減體積之效果。
7. 解決方案：電磁鐵須設計成外掛式，方便於自動拆裝，以再提升達到省油節油為目的（下一單元三便是探討此問題）。

三、解決電磁鐵載重量（省油）及節油方案

如上應用活動單元二圖示及註解 7 解決方案（電磁鐵模組化須設計成外掛式便於自動拆裝）。

- （一）當 SW ON 時（非 OFF）即（裝上電磁鐵）上路發電。
- 車子載重（電磁鐵）能 $\Delta W + \Delta P$ （地下發電組發電能）= ΔO （耗油能）+ ΔB （耗電瓶能）→ 質量守恆定律
- ΔP ：地下發電組發電能 = 車子吸力激磁能。
- Δ ：代表所增加的量。
1. 汽車發電機作用：當 $\Delta W \cong \Delta O$ 時，則 $\Delta P = \Delta B$ ，又因 ΔB （耗電瓶能）隨時受汽車發電機發電能來補充，而轉換成 ΔP （地下發電組發電能）。
 2. 電磁鐵減重：當車重 W（1 噸以上）大於（ \gg ） ΔW 很多時，其 ΔW 可忽略視成為零，則 ΔO 亦為零（即無耗油能），因此應用活動單元二電磁鐵的開發與設計（小型化來減重減體及增效能）是非常重要的（省油）。
 3. 結論：依質量守恆定律 $\Delta W = \Delta O \cong$ 零，其地下發電組的發電量是來自每部車子行駛中發電機將多餘的發電量（或增加的電瓶能）轉換得來的。
- （二）當 SW OFF 時即（卸下電磁鐵）不用發電時是可再來減輕重量及體積的，使得 $\Delta W = \Delta O = \Delta P =$ 零，則 $\Delta B =$ 零，此時便沒有耗油問題，但浪費掉汽車發電機的效能（電瓶充至飽和時，則發電機無法再進行充電再利用），或汽車發電機雖發電而用不著且浪費掉了。
- （三）可在高速公路設置據點處理站（電磁鐵交換站）來解決此問題（方便自動拆裝，使車子上路，以達到節油）。

註：

- （1）外掛式電磁鐵可縮短至地下發電組之距離 d，以提高發電效能。

- (2) 電瓶充放電使用率高，則壽命增長。
- (3) 發電區之路段會因車子慣性衝力駛過而不耗油，也較不會超速而違規。
- (4) 在該路段發電者可免收里程費，以達到使用者受惠。

四、可應用於因應未來電動車的世界（動力能源的補充站）

(一) 作法：

1. 路段地下埋磁鐵組，並在上方覆蓋一層網狀多孔（洞）組，以增強磁性的穿透力。
2. 電動車底盤裝置發電組，與汽車電瓶做結合來充電。
3. 為了減重減體，其車上發電組之結構作法（與應用活動單元二圖電磁鐵所示）一樣。
4. 車上發電組所產生的電力為交流電（AC），須經由整流器（AC / DC）來轉換成直流電（DC），再向汽車電瓶充電，方可使用（如研究過程六圖所示）。

(二) 優點：不受任何天氣的影響，電動車行駛該路段便能即時充電補足電力，使電動車暢行無阻，而不影響交通的順暢（磁→電→動能→磁→電→動能…等一直循環地轉換，而使用不盡的能源與動力，除非電動車裡的電瓶壞掉了）。

柒、討論

- 一、主題的探討、討論與實驗：題材（道路工程）的可行性（實務上的安全性、使用上的限制、週邊設施的應用及發電量），是否為了發電，使車子載重量變重而耗油（質量守恆定律）之問題。
- 二、找生活上的家電產品，省掉繞線圈製作方式（發電組），而節省了材料費及時間。
- 三、銅線長短、粗細、圈數、速度（頻率）都會影響發電的電流、電壓及功率。
- 四、活動單元「車馳製電」如何應用於道路工程發電。

捌、結論

- 一、可行性：透過此單元活動實驗證明「車馳製電」是可行的。
 - (一) 若以車子時速 30 公里以上來換算，再擴充發電組及加大磁鐵且多路段來實施，其發電量為實驗數據至少數百、千、萬、億以上。
 - (二) 道路（公路）多段實施，其發電量的總和是可觀的。
- 二、透過實驗量測所得數據，加以觀察、分析、比較，得知驗證導線（圈數）的長短、粗細、圈數、磁鐵（磁力）與運動頻率都會影響發電的電壓、電流、功率值變化情形及因果關係。

三、此單元活動研究「車馳掣電」以動態玩具四驅車方式來展現發電於小電壓及小電流（用 LED 來展示），至於大電力（大電壓及大電流）的應用及磁控部份有待再擴大（以串、並聯方式）研發與改進。

四、在應用活動單元

- (一) 以進階來探討實務路段組一排磁鐵時總發電量（173.3 瓦特）之效能。
- (二) 如何克服量多（一排）電磁鐵使之小型化及量小化（減重減體）並提高效率，降低車子的載重量，以達到省油為目的。
- (三) 如何解決以達到節油方案之作法。
- (四) 因應未來電動車世界的作法（動力能源補充站）。

五、發電效率：

- (一) 因收集的發電組材料體積、大小與內阻、圈數較不一，則發電的效率也稍微差一點（可透過材料的一致性與線繞技術來改善之）。
- (二) 發電組與永久磁鐵之距離愈近，效果愈好。
- (三) 發電組與永久磁鐵相對運動的時間愈短愈好。

六、未來地下路段工程「車馳掣電」仍須靠民間企業與政府合作來完成之。

玖、參考資料

一、歐姆定律、功與功率之應用

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$E = \frac{F}{Q} = k \frac{Q}{r^2}$$

$$V = E \cdot r = k \frac{Q}{r}$$

$$Q = VC \quad (Q = It)$$

$$W = QV = ItV \quad \left(R = \frac{V}{I} \right)$$

$$P = \frac{W}{t} = IV = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

二、英制： ϕ （磁力線）、B（磁通密度）、H（磁場強度）、A（平方吋）

$$B = \frac{\phi}{A} \quad H = \frac{\text{安匝}}{A}$$

【評語】 030805

利用感應激磁發電這長久的原理，有新意地用於埋設道路上為車輛充電，有機會用在餐廳等需長時間停車可充足電的場合。