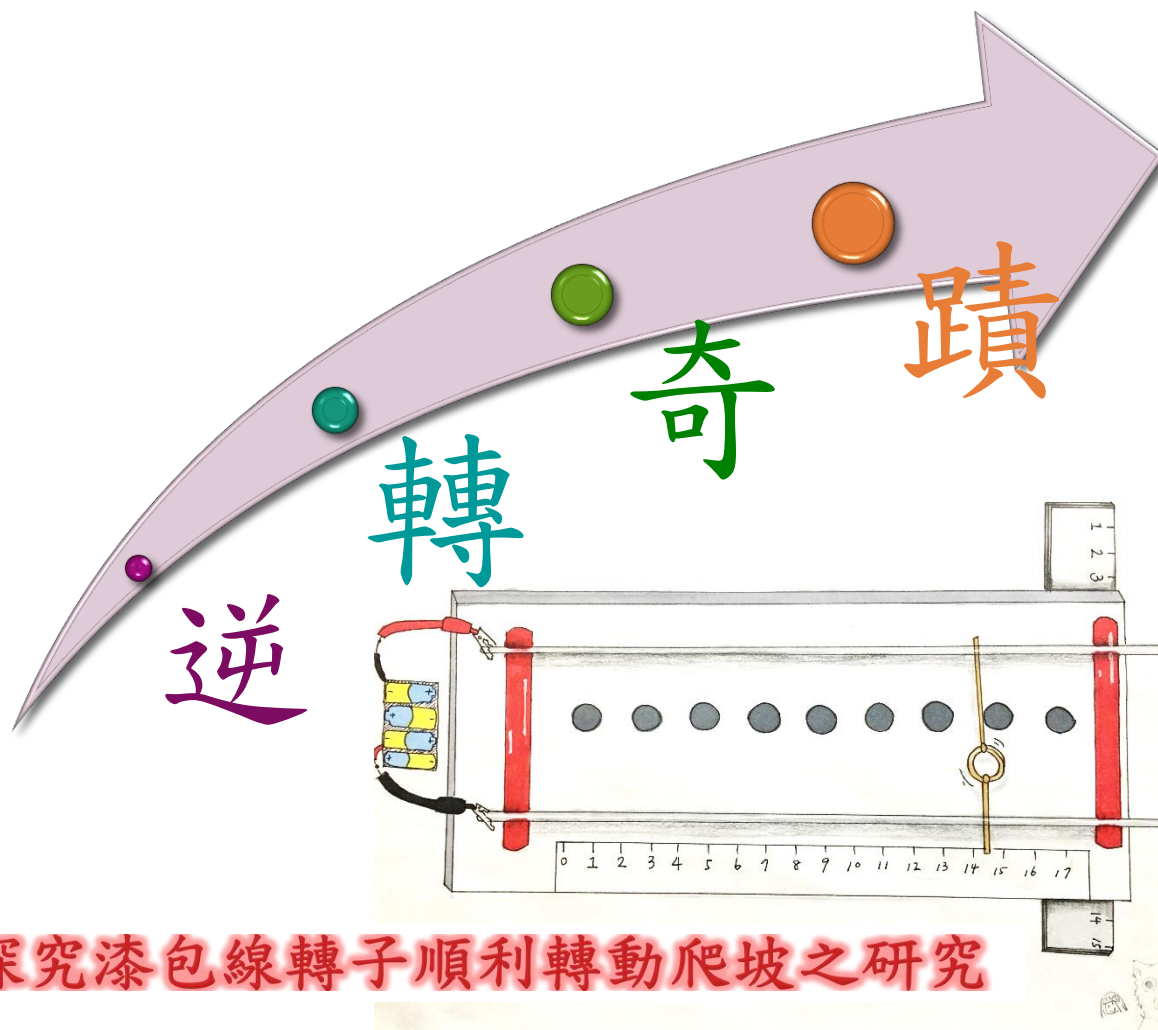


嘉義市第38屆中小學科學展覽會作品說明書



探究漆包線轉子順利轉動爬坡之研究

科 別：物理科(一)

組 別：國小組

作品名稱：逆轉奇蹟

探究漆包線轉子順利轉動爬坡的研究

關鍵詞：漆包線線圈、電磁感應、電生磁

中 華 民 國 一 〇 九 年 三 月 二 四 日

編號：

壹、摘要

探究漆包線轉子順利轉動爬坡的研究結果發現，線圈數 6 圈轉子且重量控制在 0.8 克，且線圈兩端一端漆全磨除，一端漆半磨除，可以順利使轉子轉動爬坡向上。在底板一側加入一把尺、二把尺及三把尺形成坡度平均爬坡距離為 19 公分、及 16 公分，隨著坡度增加，我們可以看得出來轉子在移動的過程中，坡度影響線圈逆轉向上的力量，進而使移動的距離逐漸下滑。為克服難題，研究團隊增加線圈的重量但是不要增加線圈數，以加強線圈轉子和軌道之間的摩擦力，使得線圈轉子，更穩定來提升爬坡向上的距離。故團隊使用比較粗的漆包線製為導線轉子。導線轉子兩端漆全磨除且重量在 1.7 克分別，在底板一側加入一把尺、二把尺及三把尺坡度，其爬坡向上距離是 25、21 及 22 公分。研究結果發現導線轉子的平均爬坡距離為 23 公分優於線圈轉子 18 公分。導線轉子的研究結果可以走完我們所設定的爬坡距離，符合我們本實驗團隊的最終期待。

貳、研究動機

上自然課的時候，我們學會使用漆包線做成簡易的小馬達，除此之外，我們在課外書中發現也可以讓漆包線轉子不只是會旋轉，而且還會爬坡喔！這到底是怎麼做到的呢？這個現象引起了我們的興趣，我們想了解通電的線圈會旋轉和磁鐵的磁場作用之後一邊旋轉又可以爬坡向上成功的條件可能和什麼因素有關，以此主題來做為科展研究的題目。

【與教材相關性】

五上康軒版第四單元 力與運動

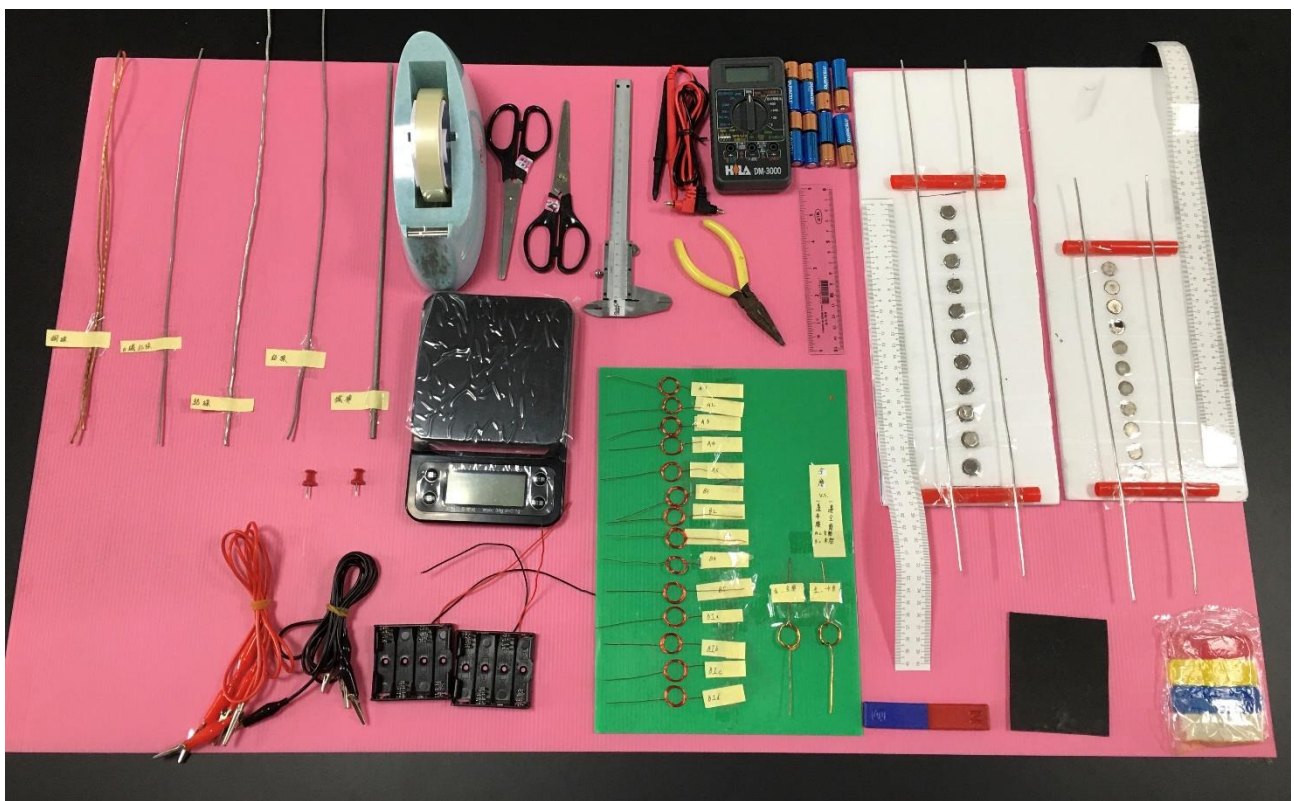
六上康軒版第一單元 電磁作用

參、研究目的

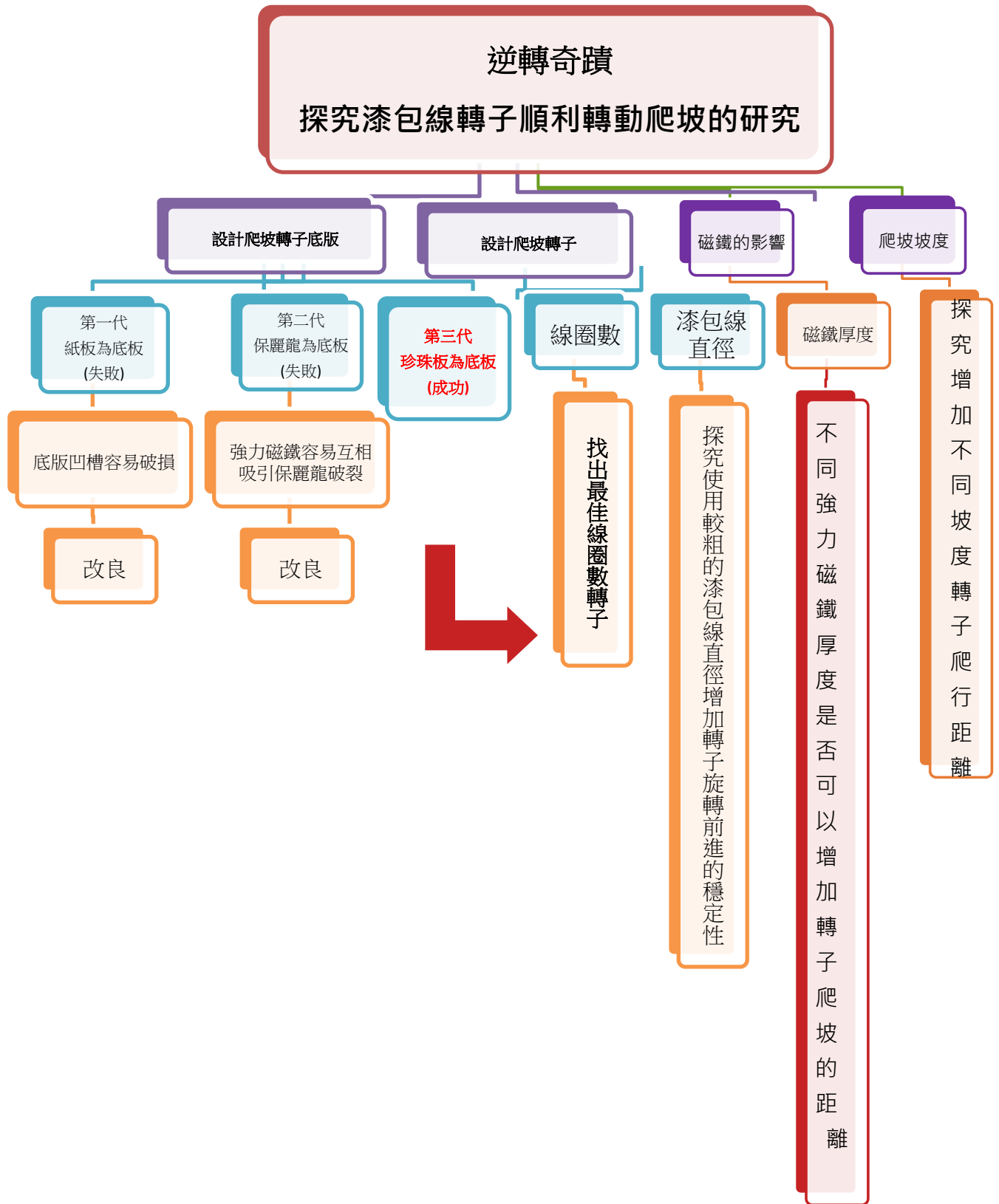
- 一. 找出不同的線圈圈數能順利平行直線前進的最佳線圈數。
- 二. 比較不同線圈數裡轉子一端半磨及全磨除漆的最佳線圈轉子
- 三. 比較相同線圈數轉子一端半磨除漆是否影響轉動前進的距離
- 四. 比較相同的線圈轉子順利爬坡向上的距離
- 五. 比較不同的坡度相同的線圈數轉子爬坡向上的距離
- 六. 比較不同磁鐵厚度線圈轉子順利爬坡向上的距離
- 七. 比較導線一端半磨及全磨除漆影響轉子順利平行直線前進的距離。
- 八. 比較導線轉子順利爬坡向上的距離前進的距離。
- 九. 比較不同磁鐵厚度與導線影響轉子爬坡向上的距離。
- 十. 比較不同的坡度相同的導線轉子爬坡向上的距離。

肆、研究設備及器材

1. A3 珍珠版 1 張	2. 強力磁鐵直徑 14mm*4.5mm 12 個
3. 強力磁鐵直徑 14mm*8mm 12 個	4. 膠帶 2 捲
5. 尖嘴鉗*1 支	6. 剪刀 2 支
7. 油土一包	8. 粗、細吸管各二支
9. 美工刀*2 支	10. 漆包漆 0.4mm 60 米 2 捲
11. 鱷魚夾電線 2 組	12. 3 號鹼性電池* 30 顆
13. 3 號四個電池盒二個	14. 15 公分、30 公分直尺 6 把
15. 量角器	16. 白鐵鉛線、銅導線、鋁線數支
17. 三用電表一台	18. 電子秤一台
19. 砂紙數張	20. 長條型磁鐵一個

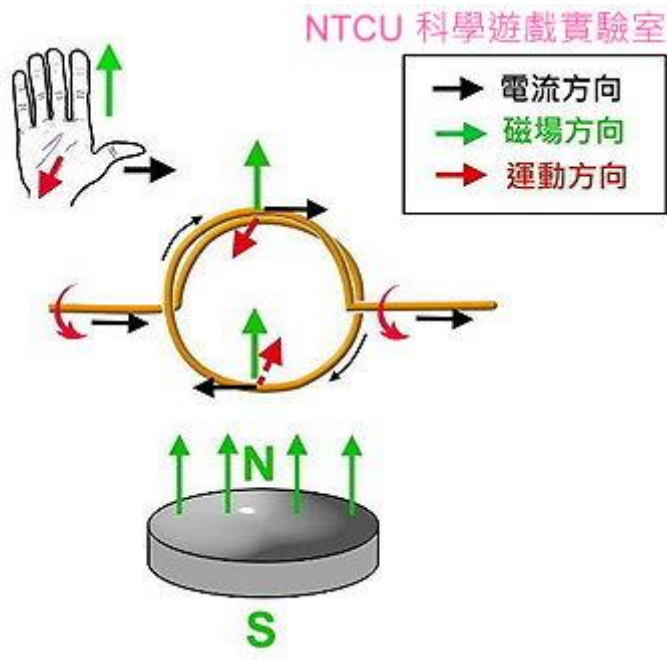


伍、研究過程方法



一、了解讓漆包線線圈旋轉進而爬坡向上的原因

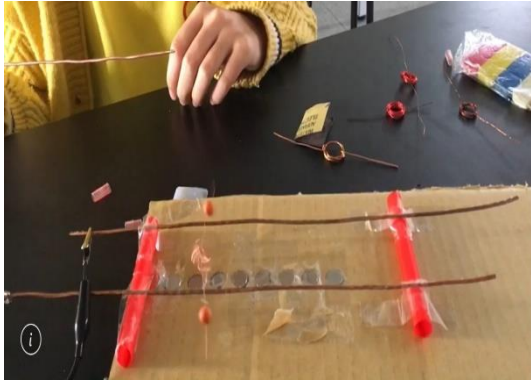
漆包線會旋轉的原因，是由於電磁感應的作用。以下圖為例，利用右手開掌定則，在轉子的圈圈的上方，右手的拇指為電流方向（黑色箭頭，朝右），此方向為電池電流的流通方向。其他四指為強力磁鐵的磁場方向（綠色箭頭，朝上）；因此代表運動方向的掌心方向（紅色箭頭，朝向讀者），使得轉子轉動。利用轉子有特定的旋轉方向性質，而且轉子的兩端接觸白鐵鉛線後，由於摩擦力的作用（如同輪胎與地面之間有摩擦力），轉子就會一邊旋轉一邊前進了。另一方面，由於珍珠板上排放了數顆強力磁鐵，當轉子前進後離開了第一顆磁鐵的作用，就由第二顆磁鐵繼續作用，如此就形成轉子持續轉動、上坡的現象了。



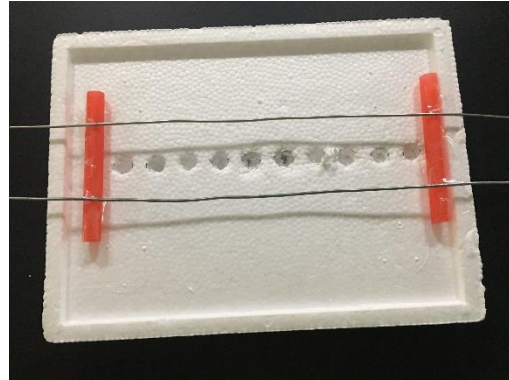
二、設計爬坡轉子底板

(一) 製作設計爬坡轉子底板實驗步驟如下：

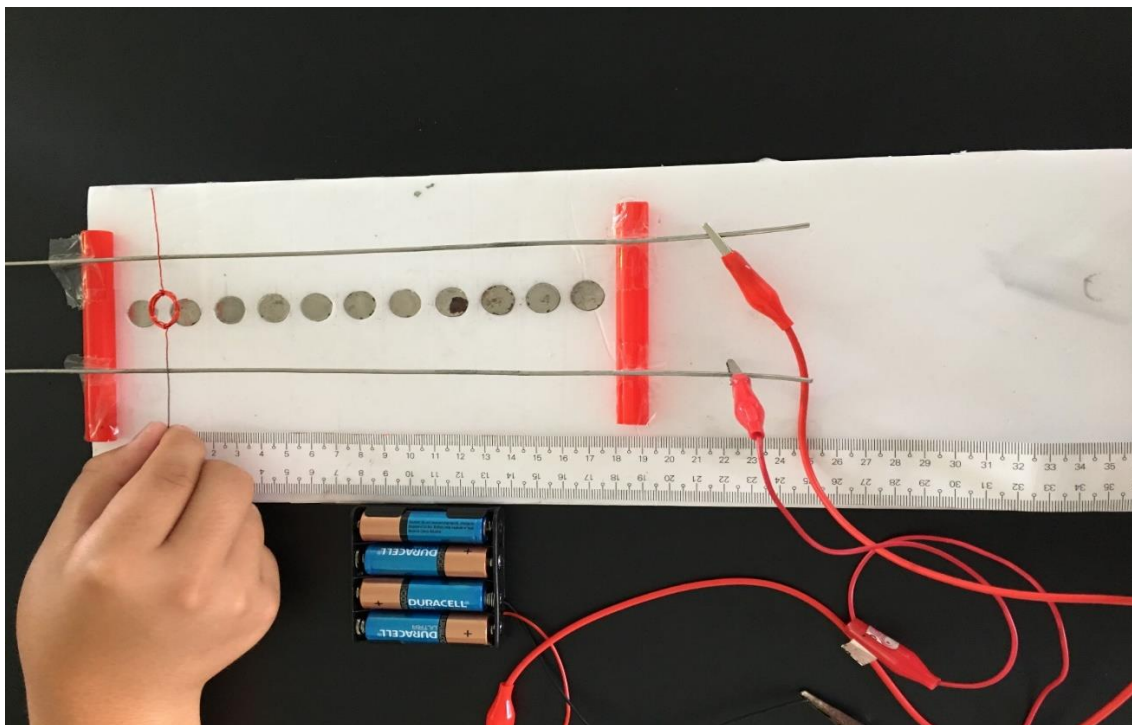
1. 取一珍珠板，在珍珠板上等距離的挖出凹槽，再放入強力磁鐵（同極朝上，相距的空隙約0.5公分）。為了固定強力磁鐵，置入磁鐵後，要用膠帶由前到後封緊，避免實驗過程中，強力磁鐵會彈出來（如下圖）。
2. 在磁鐵上方（高約 1 公分）放置兩條白鐵鉛線，相距約 5 公分，在二條白鐵鉛線連接電池的正負極。



第一代紙板測試底板(再改良)



第二代保麗龍測試底板(再改良)



第三代珍珠板底板(成功)

研究一、找出不同的線圈圈數能順利平行直線前進的最佳線圈數

(1) 操縱變因：不同的線圈圈數

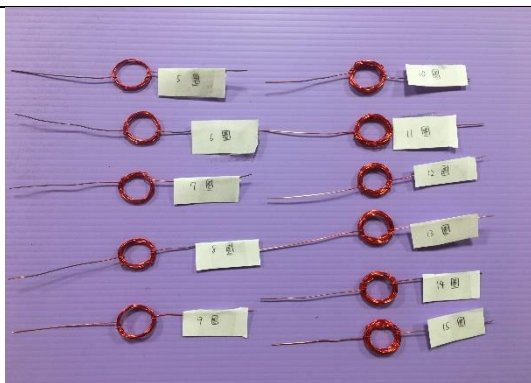
應變變因：20次中線圈圈數順利平行直線前進的距離

不變變因：如下表

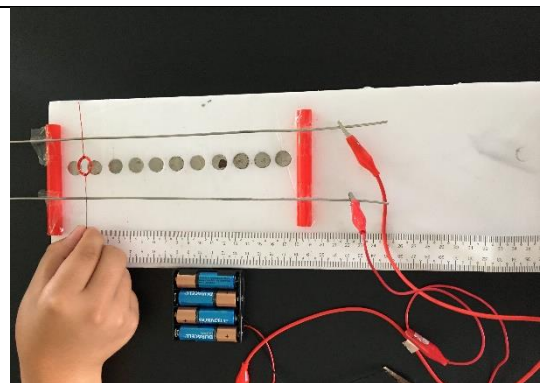
漆包線直徑	線圈形狀	電池種類	強力磁鐵直徑	強力磁鐵厚度	磁鐵間隔距離	磁鐵與線圈距離
0.04mm	圓形直徑14mm	3號鹼性串聯四顆	14.5mm	4.5mm	0.5公分	1公分

(2) 本實驗步驟：

1. 用漆包線纏繞成5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15圈直徑14mm的線圈，兩端各留5公分，在兩端纏繞三圈，將漆包線綁緊。(如圖一)
2. 用砂紙將兩邊末端各約3公分的漆磨除。
3. 把線圈放上已設計好的底板軌道上，並在軌道上接上電池的正負極。(如圖二)
4. 觀察記錄10次內在不同的線圈圈數順利平行直線前進的距離。
5. 再挑出前6組順利平行直線前進較佳距離
6. 觀察記錄20次內在上述6組的線圈圈數順利平行直線前進的距離。



圖一



圖二

(3) 實驗結果如下：

表一：5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15線圈10次內順利平行直線前進距離統計表

線圈數 次數	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
線圈 重量	0.5克	0.8克	0.8克	1.0克	0.9克	1.1克	1.5克	1.2克	1.3克	1.5克	1.6克
1.	0	2	0	0	0	1	6	0	0	1	0
2.	0	0	0	0	0	1	0.5	0	0	2	0
3.	0.5	3	0	2	0.5	0	0	0	1	0	0
4.	0	1	0	0	0	1.5	0	0	0.5	2	0
5.	0	0.5	2	0.3	0	0	0	0	0	3	0
6.	0	4	0	0	0	1.5	0	0.5	1.5	1	0
7.	0	0	0	0	0.5	1	0.5	1	0	3.5	0
8.	5	0	1	0	0.5	1.5	0.5	0	0	1.5	0
9.	0	6.5	0	4	0	0.5	0	0.5	0	0	0
10.	1	0	0	0	0	0.5	0	1	0	1	0
總計	6.5	17	3	6.3	1.5	8.5	7.5	3	3	15	0

*單位:公分

(4)發現與討論

1. 從資料文獻中我們並未得知完成這個線圈轉子要使用多大的線圈直徑及線圈數，我們就在自然課所做的簡易小馬達的方法，以3號電池的直徑約14mm來製作線圈，並試做5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15線圈來測試順利平行直線前進距離。
2. 其實驗結果如上表一，我們發現5、6、10、11、14順利平行直線前進距離為佳，其中以線圈數6在10次內可以累積有17公分的移動距離，其次為14圈移動15公分為次之。
3. 根據實驗的結果並不能找到關鍵的主要因為去說明為什麼是線圈數6及線圈數14為佳的緣由，因為在每個實驗組中的線圈，都有移動距離為0的表現，是很不穩定現象。
4. 線圈數6在移動的過程容易有歪斜的現象，我們認為有可能是線圈重量太輕而線圈數14雖然重量有比較重，但是有可能因為線圈數增加磁力增加，吸住或往回的情形發生。
5. 研究團隊和老師討論過後，我們試著把表現比較好的5組線圈進行改良把兩端的漆包線由一端半磨除及全磨除漆，減少通電後產生的磁力，接續下一個研究。

研究二：比較不同線圈數裡轉子一端半磨除及全磨除漆的最佳線圈轉子

(1) 操縱變因：線圈轉子兩端漆全磨除及一端全磨除一端漆半磨除

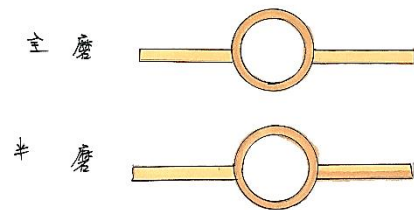
應變變因：線圈轉子轉動前進的距離

不變變因：如下表

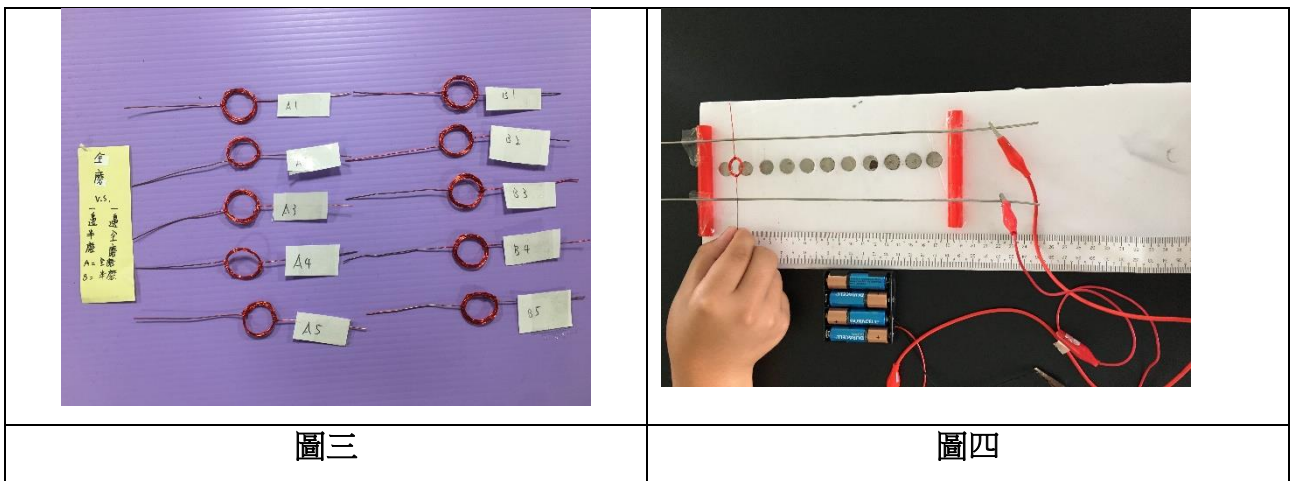
漆包線直徑	線圈形狀	線圈圈數	電池種類	強力磁鐵直徑	強力磁鐵厚度	磁鐵間隔距離	磁鐵與線圈距離
0.04mm	圓形直徑14mm	3號鹼性串聯四顆	14.5mm	4.5mm	0.5公分	0.5公分	0.4mm

(2) 本實驗步驟：

1. 用漆包線纏繞成5、6、10、11、14圈直徑14mm的線圈，兩端各留5公分，在兩端纏繞三圈，將漆包線綁緊(圖三)。A組為兩端漆包線漆皆磨除，B組為一端磨除一端為半磨除(如右下圖示)。



2. 把對照組A線圈轉子放上已設計好的底板軌道上，並在軌道上接上電池的正負極。
3. 把實驗組B線圈轉子放上已設計好的底板軌道上，並在軌道上接上電池的正負極。
4. 觀察記錄20次內在不同的線圈圈數順利平行直線前進的距離。
5. 進行實驗討論比較記錄。



圖三

圖四

(3) 實驗結果如下：

表二：5、6、10、11、14、15線圈兩端全磨除漆20次內順利平行直線前進距離統計表

次數 \ 圈數	5	6	10	11	14
1.	0	0	0	0	1.5
2.	2.3	0	0.5	0	1.5
3.	4.6	0	1	0	0.5
4.	0	0	0	0	2
5.	0	0	0	0.5	0
6.	2.6	0.5	0	0	0
7.	0	0	0.5	0	0
8.	0	0	0	2.5	3
9.	1.5	0	0	0	1
10.	0	0	1	0	1
11.	0	2	0	0	0
12.	0	0	0	0	0
13.	4.7	0	0	0	0
14.	1.5	0	0	0	0
15.	1.5	1	0	0	0
16.	0	0	0	0	0
17.	0	0	0.5	0	0
18.	0	0	3	0	0
19.	0	0	0.5	0	0
20.	0	0	0	0	0
總計	18.7	3.5	7	3	10.5

*單位:公分

表三：5、6、10、11、14、15線圈一端全磨除一端半磨除20次內順利平行直線前進距離統計表

次數 \ 圈數	5	6	10	11	14
1.	3.5	11.5	8	0	0
2.	6.5	9	12.5	0	0
3.	3	6	7	0	0
4.	2	7	9.5	0	0
5.	5	9	6	0	0
6.	1	7	7	0	0
7.	8.5	12	6	0	0
8.	2.5	14	10	0	0
9.	4.5	6.5	1	0	0
10.	5	7	8	0	0
11.	7.5	8	4	0	0
12.	11.5	11.5	8	0	0
13.	5.5	14	8	0	0
14.	2	7	7	0	0
15.	2	8	0	0	0
16.	3	4	0	0	0
17.	3.5	6	0	0	0
18.	5	8	0	0	0
19.	2.5	14	0	0	0
20.	2	8	0	0	0
總計	86	177.5	102	0	0
平均	4	9	5	0	0

*單位:公分

(4)發現與討論

1. 為求從本研究中挑選出最佳的線圈轉子，我們重覆進行20次的觀察記錄，從表二中的實驗結果中得知兩端全磨除漆中，線圈數5的轉子表現較優。
2. 從表三的實驗結果一端全磨除一端半磨除漆得到更佳的表现，移動的距離更長，以線圈數6圈轉子表現最好，平均移動距離有9公分。
3. 我們為了要更確定其研究結果，我們要以線圈數6增加組數再次進行確認。

研究三、比較相同線圈數轉子一端半磨除漆是否影響轉動前進的距離

(1) 操縱變因：線圈轉子兩端漆全磨除及一端漆半磨除

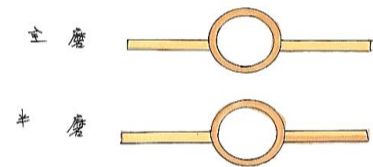
應變變因：線圈轉子轉動前進的距離

不變變因：如下表

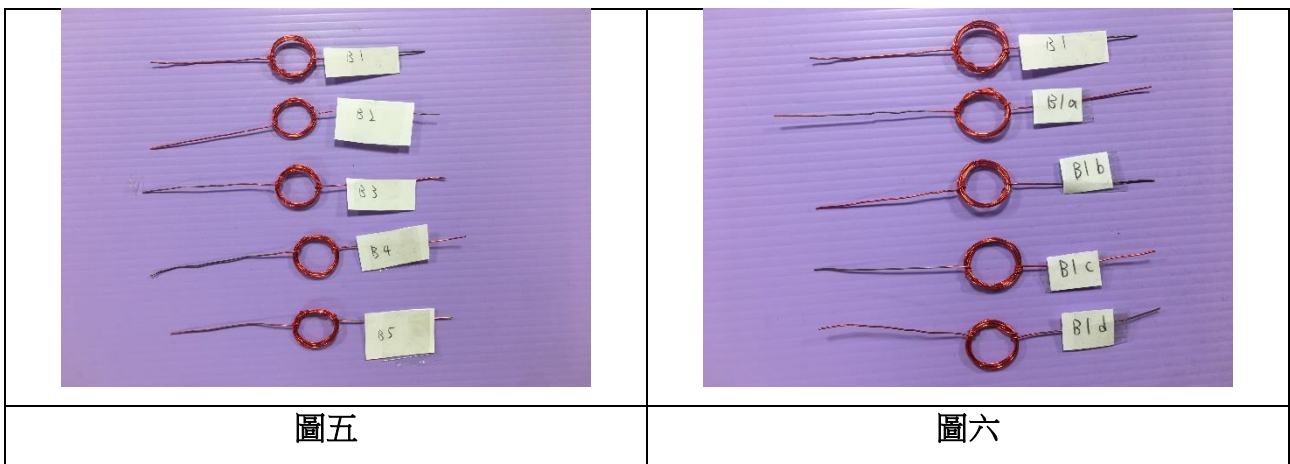
漆包線直徑	線圈形狀	線圈圈數	電池種類	強力磁鐵直徑	強力磁鐵厚度	磁鐵間隔距離	磁鐵與線圈距離
0.04mm	圓形直徑14mm	3號鹼性串聯四顆	14.5mm	4.5mm	0.5公分	0.5公分	0.4mm

(2) 本實驗步驟：

1. 準備10個6圈的線圈轉子分成A、B各五組，A組為兩端漆包線漆皆磨除，B組為一端磨除一端為半磨除。(圖五、圖六)



2. 把對照組A線圈轉子放上已設計好的底板軌道上，並在軌道上接上電池的正負極。
3. 把實驗組B線圈轉子放上已設計好的底板軌道上，並在軌道上接上電池的正負極
4. 觀察記錄3次內在不同的線圈圈數順利平行直線前進的距離。
5. 進行實驗討論比較記錄。



圖五

圖六

(3) 實驗結果如下：

表三：線圈兩端漆皆磨除線圈轉子順利平行直線前進的距離表

組數 次數	A1	A2	A3	A4	A5
1.	1	0	2	0	5
2.	0	0	1	0	3
3.	0	0	2	0	3
平均	0.3	0.0	1.7	0.0	3.7

*A組對照組線圈轉子二端漆全磨除

*單位:公分

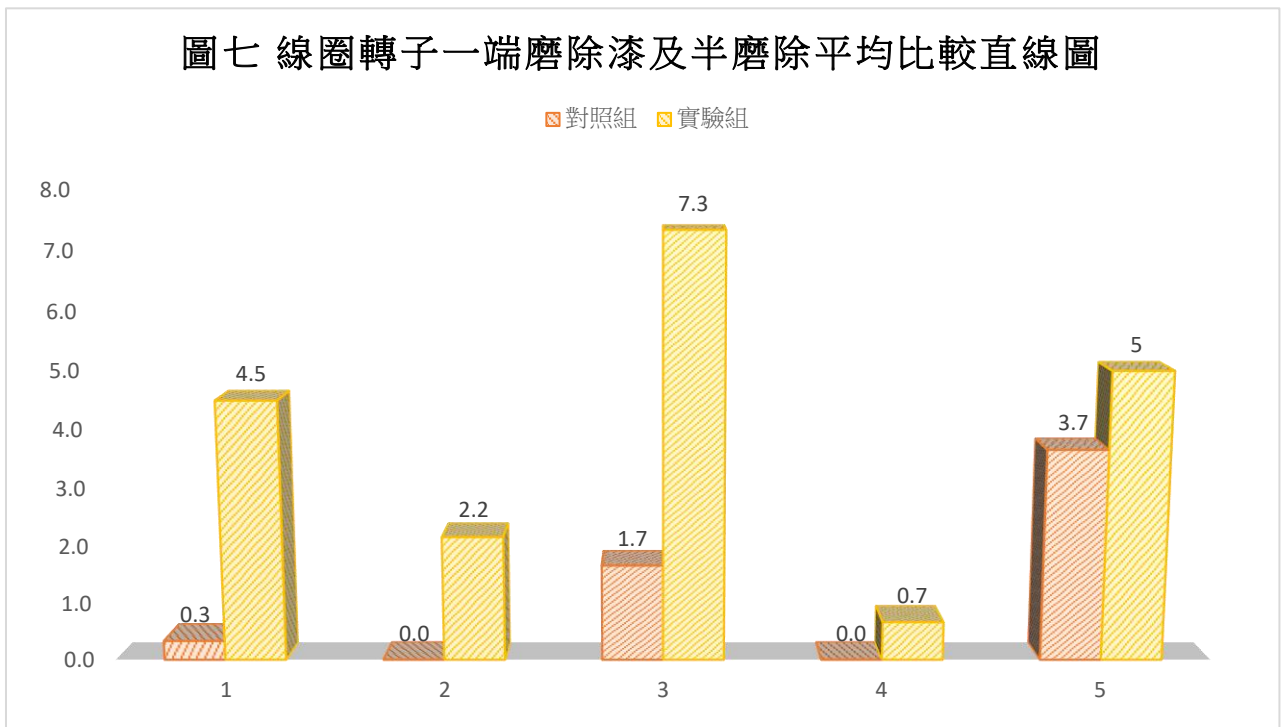
表四：線圈一端漆磨除一端半磨除線圈轉子順利平行直線前進的距離表

組數 次數	B1	B2	B3	B4	B5
1.	3	0	0.5	0	4.5
2.	6.5	4.5	10.5	1.5	4.5
3.	4	2	11	0.5	6
平均	4.5	2.2	7.3	0.7	5

*B組實驗組線圈轉子一端漆全磨除，一端漆半磨除

*單位:公分

圖七 線圈轉子一端磨除漆及半磨除平均比較直線圖



(4)發現與討論

1. 在前面的研究經驗裡面得知，把線圈數6的轉子重量控制在0.8克及文獻的資料中得知製作線圈時愈趨於圓形的線圈，重心及轉動穩定不偏斜使轉子在轉動的效能最好。
2. 透過表三及表四的實驗結果加以比較得到的相同數6線圈轉子一端磨除漆及半磨除平均比較直線圖中，B組實驗組線圈轉子一端漆全磨除，一端漆半磨除在每次的平均行進距離皆優於對照組。
3. 得到本次的實驗結果我們可以得知線圈數6轉子一端漆全磨除，一端漆半磨除可以有比較好的順利轉動前進，故此我們將進行下一個爬坡的研究。

研究四、比較相同的線圈轉子順利爬坡向上的距離

(1) 操縱變因：在底板一側加上一把尺(製造坡度)

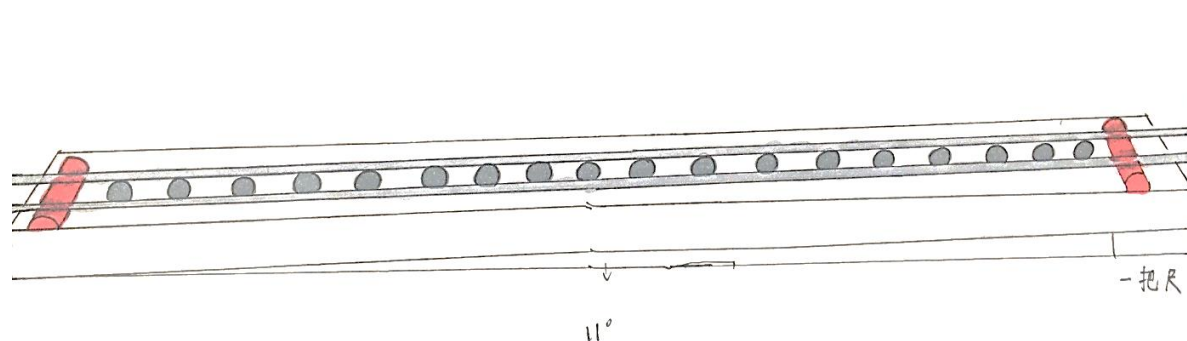
應變變因：線圈轉子轉動爬坡向上的距離

不變變因：如下表

漆包線直徑	線圈形狀	線圈重量	線圈圈數	電池種類	強力磁鐵直徑	強力磁鐵厚度	磁鐵間隔距離	磁鐵與線圈距離
0.04mm	圓形直徑14mm	0.8克	6圈	3號鹼性串聯四顆	4.5mm	0.4公分	0.5公分	1公分

(2) 本實驗步驟：

1. 準備5個圈數為6的線圈轉子且重量在0.8克分成B1、B1a、B1b、B1c、B1d組為一端磨除一端為半磨除。
2. 把B1、B2、B3、B4、B5組線圈放上已設計好的底板並在一邊加入一把尺(製造坡度)是實驗組(如下圖)，墊高形成斜坡軌道上，並在軌道上接上電池的正負極。不加尺為對照組
3. 觀察記錄3次內在不同的線圈圈數順利爬坡向上前進的距離。
4. 進行實驗討論比較記錄。



(3) 實驗結果如下：

表五：線圈轉子順利爬坡向上的距離(不加尺對照組)

組數 次數	B1	B1a	B1b	B1c	B1d
1.	6.5	2.5	6	11	0
2.	5	4	12	12	0
3.	6	5	7.5	4.5	0
統計	18	12	26	28	0
平均	6	4	9	9	0

*單位:公分

表六：線圈轉子順利爬坡向上的距離(一把尺)

組數 次數	B1	B1a	B1b	B1c	B1d
1.	3	0	2	10.5	14.5
2.	1.5	10	17	14.5	5
3.	3	5	17	15	5
統計	8	15	36	40	25
平均	3	5	12	13	8

*一把尺的高度約為11度*單位:公分

表七：比較線圈轉子順利爬坡向上的距離平均表

	對照組(不加尺)	實驗組(一把尺)
平均爬坡距離	5	8

*一把尺的高度約為11度*單位:公分

(4)發現與討論

1. 本次實驗結果在表七中比較線圈轉子順利爬坡向上的距離平均表平均表中可以看出對照組(不加尺)平均距離為5公分，而實驗組(一把尺)的高度，可以爬坡向前的距離為8公分，優於對照組。
2. 在本次的實驗結果，讓本團隊信心大增，繼續增加尺的厚度來增加坡度。
3. 實驗的過程中，本團隊發現轉子行進的距離，並不符合我們的期待，我們設定希望線圈轉子可以走完全程也一直在思考如何可以讓轉子可以順利轉動爬坡的距離可以再增加。

研究五、比較不同的坡度相同的線圈數轉子爬坡向上的距離

(1) 操縱變因：增加坡度

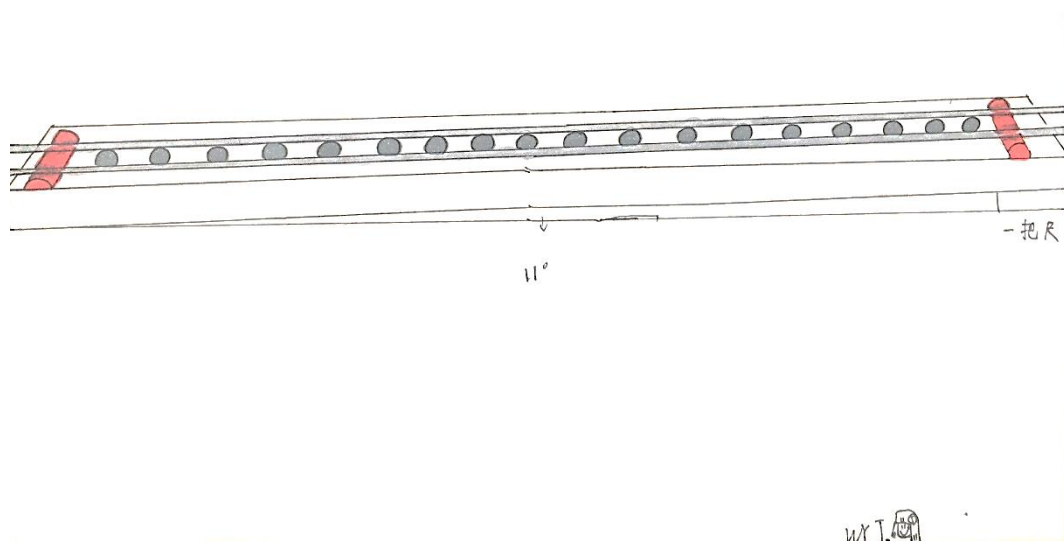
應變變因：線圈轉子轉動前進的距離

不變變因：如下表

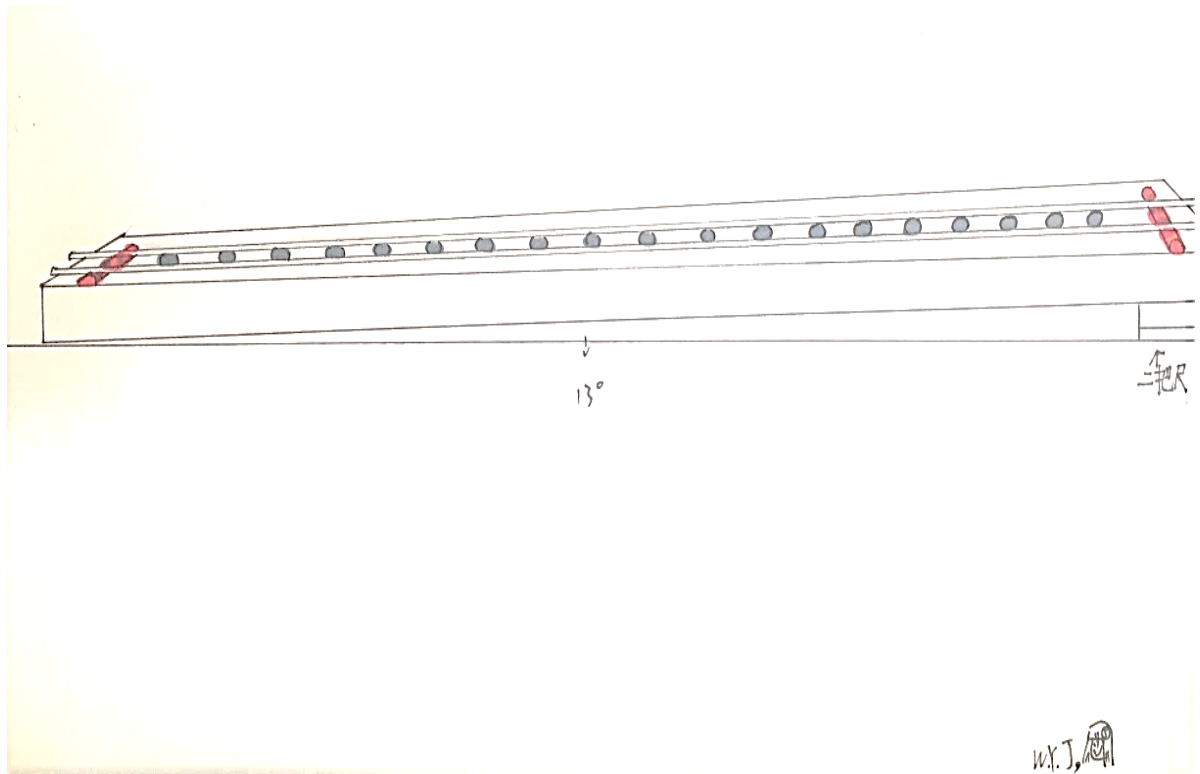
漆包線直徑	線圈形狀	線圈圈數	電池種類	強力磁鐵直徑	強力磁鐵厚度	磁鐵間隔距離	磁鐵與線圈距離
0.04mm	圓形直徑14mm	6圈	3號鹼性串聯四顆	4.5mm	0.4公分	0.5公分	1公分

(2) 本實驗步驟：

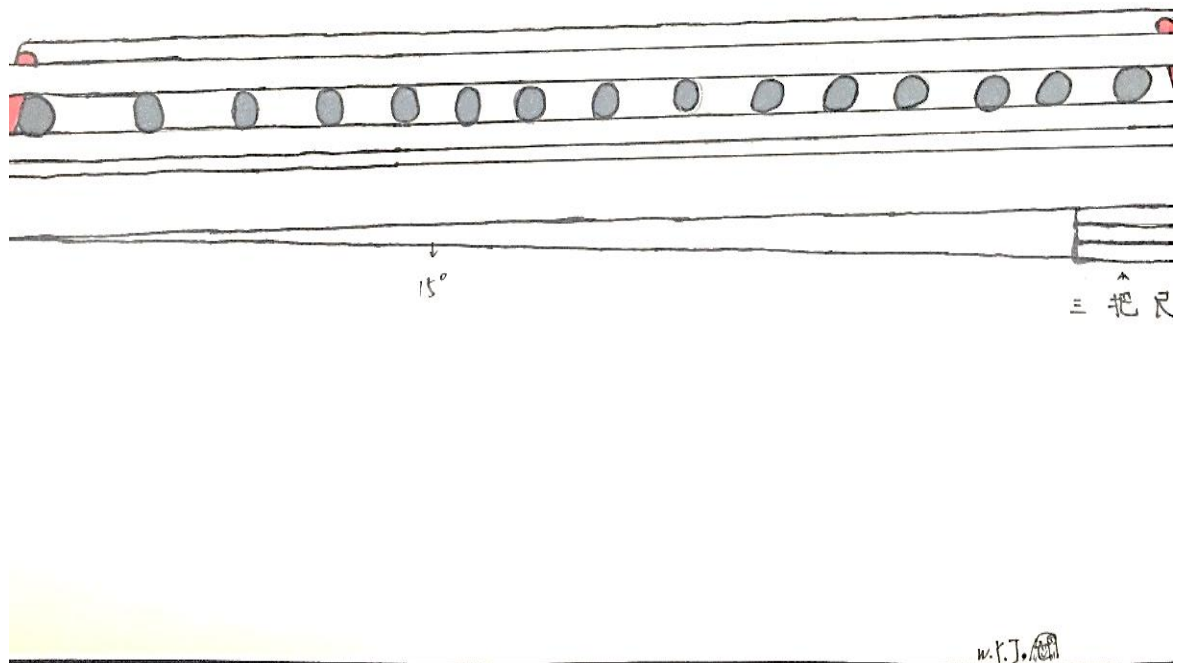
1. 準備5個圈數為6的線圈轉子且重量在0.8克分成B1、B1a、B1b、B1c、B1d組為一端磨除一端為半磨除。
2. 把B1、B1a、B1b、B1c、B1d組線圈放上已設計好的底板並在一邊分次加入一把尺墊高一側形成為坡度(對照組)、二把尺、三把尺的墊高一側形成坡度，並在軌道上接上電池的正負極。
3. 觀察記錄3次內在不同的線圈圈數順利爬坡向上前進的距離。
4. 進行實驗討論比較記錄。



圖八：一把尺墊高一側形成坡度約為11度(對照組)



圖九：二把尺墊高一側形成為坡度約為13度(實驗組)



圖十：三把尺墊高一側形成約為15度(實驗組)

(3) 實驗結果如下：

表八：線圈轉子順利爬坡向上的距離(一把尺)

組數 次數	B1	B1a	B1b	B1c	B1d
1.	8	9	9	1	2.5
2.	1	10	7	2	8
3.	3	15	8	5	7
總計	12	34	24	8	17.5

*對照組(一把尺)*一把尺墊高一側坡度約為11度 *單位:公分

表九：線圈轉子順利爬坡向上的距離(二把尺)

組數 次數	B1	B1a	B1b	B1c	B1d
1.	9	7	8.5	7	2
2.	7	2	11	6	3
3.	3	0	15	6	4
總計	19	9	34.5	19	9

*實驗組(二把尺)*二把尺墊高一側坡度約為13度 *單位:公分

表十：線圈轉子順利爬坡向上的距離(三把尺)

組數 坡度	B1	B1a	B1b	B1c	B1d
1.	7	22.5	10	2	14
2.	4	0	4	2	4
3.	3	0	3	2	4
總計	14	22.5	17	6	22

*實驗組(三把尺)**三把尺墊高一側坡度約為13度 *單位:公分

表十：比較線圈轉子順利爬坡向上平均距離

	對照組(一把尺)	實驗組(二把尺)	實驗組(三把尺)
平均爬坡距離	19	18	16

*單位:公分

(4)發現與討論

1. 比較不同的坡度相同的線圈數轉子爬坡向上的距離，根據上表十的實驗結果中得知對照組(一把尺) 平均爬坡距離為19公分，實驗組(二把尺)18公分，實驗組(三把尺)為16公分。隨著坡度增加，我們可以看得出來轉子在移動的過程中，坡度影響線圈逆轉爬坡向上的力量，進而使移動的距離逐漸下滑。
2. 在研究的過程中亦發現隨著坡度的增加，會使線圈轉子和軌道之間的摩擦力減少，使得線圈轉子，更容易不穩定，進而影響前進的距離。
3. 我們研究團隊討論在不再增加電池的串聯數的前提下，試著把強力磁鐵厚度增加去加磁力使轉子可以克服坡度影響線圈逆轉向上的力量，進而使移動的距離上升。
(研究六)
4. 除此之外再去思考如何去增加線圈的重量但是不要增加線圈數，以加強會使線圈轉子和軌道之間的摩擦力，使得線圈轉子，更穩定，提升爬坡向上的距離。(研究七)

。

研究六、比較不同磁鐵厚度與線圈轉子順利爬坡向上的距離

(1) 操縱變因：磁鐵厚度不同

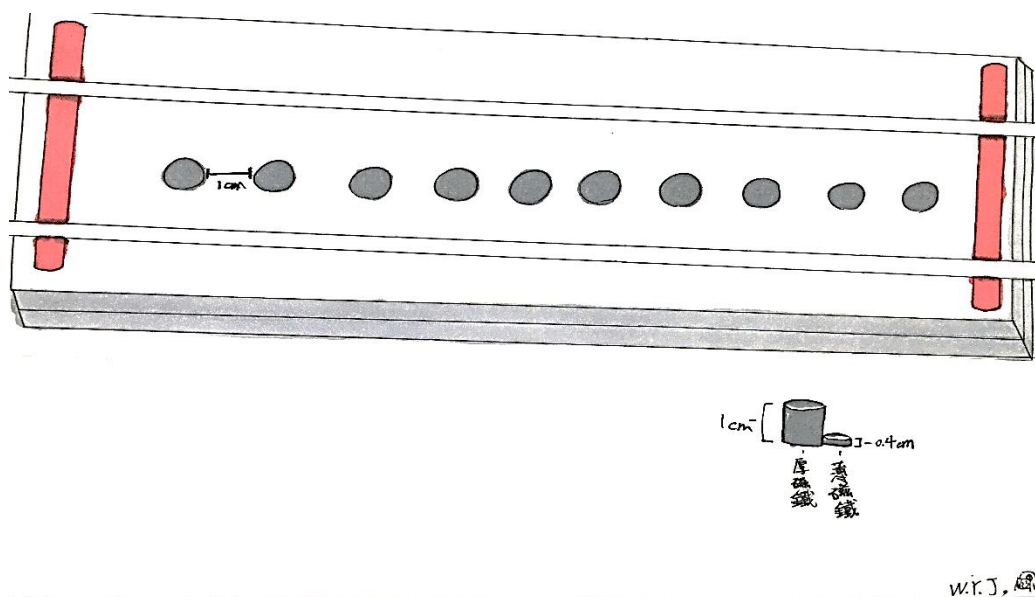
應變變因：線圈轉子轉動前進的距離

不變變因：如下表

漆包線直徑	線圈形狀	線圈圈數	電池種類	強力磁鐵直徑	磁鐵間隔距離	磁鐵與線圈距離
0.04mm	圓形 直徑 14mm	6圈 (0.8克)	3號鹼性 串聯 四顆	14.5mm	1公分	1公分

(2) 本實驗步驟：

1. 準備5個圈數為6的線圈轉子且重量在0.8克分成 B1、B1a、B1b、B1c、B1d 組為一端磨除一端為半磨除。
2. 把 B1、B1a、B1b、B1c、B1d 組線圈放上已設計好的底板上面的強力磁鐵為厚度是 0.4 公分為對照組及厚度為 1 公分為實驗組(如下圖十一)並在一邊分次加入一把尺墊高一側底板形成坡度，並在軌道上接上電池的正負極。
3. 觀察記錄 3 次內在不同磁鐵厚度順利爬坡向上前進的距離。



圖十一：底板上面的強力磁鐵為厚度為1公分(實驗組)

(3) 實驗結果如下：

表十一：線圈轉子在不同磁鐵厚度0.4公分順利爬坡向上前進的距離(對照組)

組數 次數	B1	B1a	B1b	B1c	B1d
1.	3	10	1.5	0	13
2.	1.5	8.5	9	0	12.5
3.	3	3.5	10	3	11
總計	8	22	21	3	37

*單位:公分

表十二：線圈轉子在強力磁鐵厚度1公分順利爬坡向上前進的距離(實驗組)

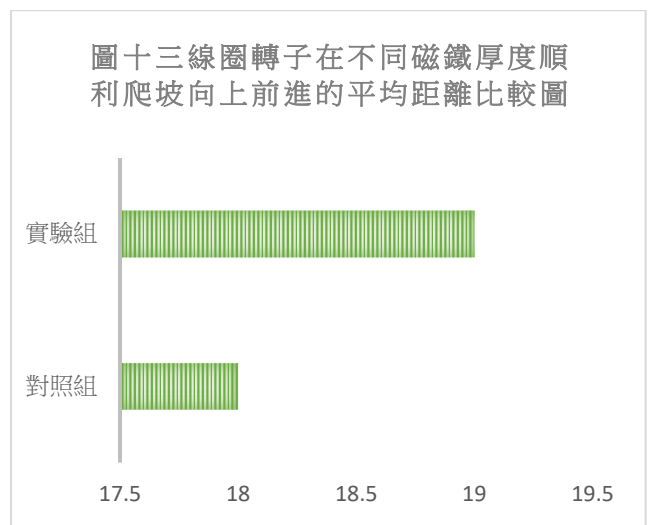
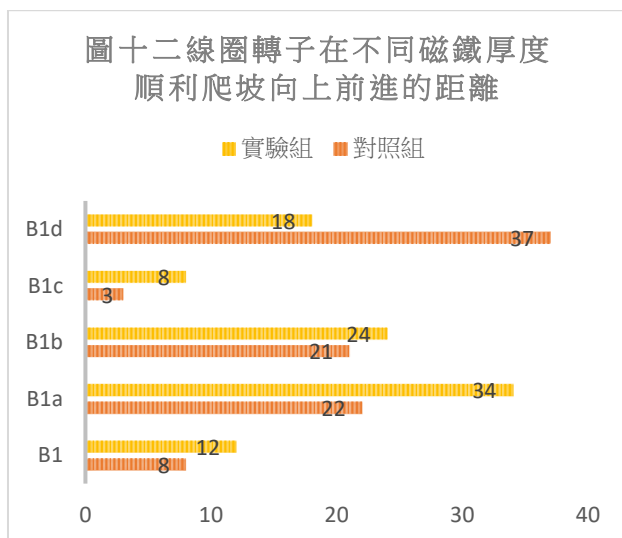
組數 次數	B1	B1a	B1b	B1c	B1d
1.	8	9	9	1	2.5
2.	1	10	7	2	8
3.	3	15	8	5	7
總計	12	34	24	8	18

*單位:公分

表十一：線圈轉子在不同磁鐵厚度順利爬坡向上前進的平均距離比較表

	對照組	實驗組
平均爬坡距離	18	19

*單位:公分



(4)發現與討論

1. 實驗結果以圖十二長條圖比較來看線圈轉子在不同磁鐵厚度順利爬坡向上前進的距離，會發現實驗組優於對照組。
2. 依圖十三線圈轉子在不同磁鐵厚度順利爬坡向上前進的平均距離比較圖來看，實驗組平均距進優於對照組平均距離1公分。
3. 本研究團隊把研究六和研究四的結果相比較發現，我們本預測如果加厚磁鐵厚度是否有可能增加線圈在坡度上的移動距離來看，**根據實驗結果，並無明顯差異性。**

研究七、比較導線影響轉子順利平行直線前進的距離

(1) 操縱變因：漆包線直徑不同

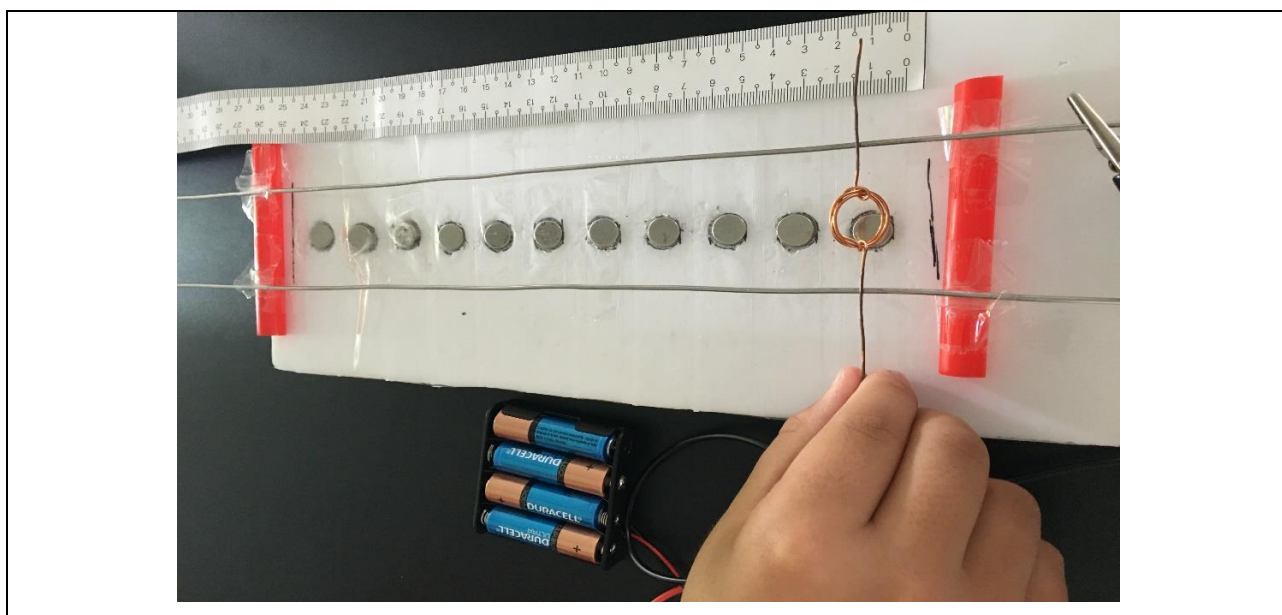
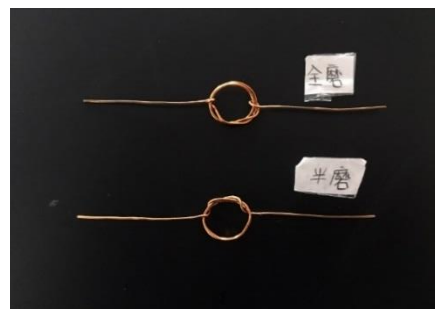
應變變因：導線轉子轉動前進的距離

不變變因：如下表

漆包線直徑	線圈形狀	電池種類	強力磁鐵直徑	強力磁鐵厚度	磁鐵間隔距離	磁鐵與線圈距離
1mm	圓形 直徑 14mm	3號鹼性 串聯 四顆	4.5mm	0.5公分	1公分	0.4mm

(2) 本實驗步驟：

1. 準備2個導線轉子，分別將這兩個轉子兩端漆磨除是對照組一端漆半磨除是實驗組。
2. 把對照組A導線放上已設計好的底板軌道上，並在軌道上接上電池的正負極。
3. 把實驗組B線圈(直徑為1mm)，在此稱為導線，方便區分放上已設計好的底板軌道上，並在軌道上接上電池的正負極
4. 觀察記錄3次內在不同的線圈圈數順利直線前進的距離。
5. 進行實驗討論比較記錄。



圖十四

(3) 實驗結果如下：

表十二：比較導線影響轉子順利平行直線前進的距離表

次數 \ 組數	A	B
線圈重量	1.7克	1.7克
1.	12.5	8
2.	10	10
3.	6	12.5
平均	10	10

*單位:公分

(4)發現與討論

1. 本研究中增加線圈的重量但是不要增加線圈數，以加強會使線圈轉子和軌道之間的摩擦力，使得線圈轉子，更穩定，提升爬坡向上的距離。故我們使用比較粗的漆包線製做成約2圈的線圈，很像一般實驗的電線，在此稱為**導線轉子**。
2. 我們先從不增加坡度進行實驗，**導線轉子**兩端漆全磨除是對照組一端漆半磨除是實驗組，其平行移動距離在三次結果平均皆為10公分。
3. 本研究團隊原來是預測如同前面研究中，線圈轉子一端全磨另一端為半磨除的平行移動距離一樣會有比較好的表現，但是依照本次的研究結果，兩組之間勢均力敵。
4. 在下一個研究中，我們增加坡度來試試看是否會有相同的結果？

研究八、比較導線影響轉子爬坡轉動向上前進的距離

(1) 操縱變因：導線轉子兩端漆全磨除及一端漆半磨除

應變變因：線圈轉子轉動前進的距離

不變變因：如下表

線圈形狀	線圈圈數	線圈重量	電池種類	強力磁鐵直徑	強力磁鐵厚度	磁鐵間隔距離	磁鐵與線圈距離
圓形	約2圈	1.7克	3號鹼性 串聯 四顆	4.5mm	0.4公分	0.5公分	1cm

*單位:公分

(2) 本實驗步驟：

1. 準備2個導線轉子分成A、B組，A組為兩端漆包線漆皆磨除，B組為一端磨除一端為半磨除。
2. 把對照組A及對照組B放上已設計好的底板並在一邊加入一把尺墊高在一側形成大約為11度的坡度形成斜坡軌道上，並在軌道上接上電池的正負極。
3. 觀察記錄3次內在不同的線圈圈數順利爬坡前進的距離。
4. 進行實驗討論比較記錄。

(3) 實驗結果如下：

表十三：比較導線影響轉子爬坡轉動向上前進的距離

次數 \ 組數	A(對照組)	B實驗組
1.	8	1.5
2.	10	11.5
3.	12.5	14.5
平均	10	9

*一把尺墊高一側坡度約為11度 *單位:公分

(4)發現與討論

1. 本研究團隊再次發現導線轉子在增加一把尺墊高在底板一側形成大約為11度的坡度斜坡軌道，在表十三的記錄結果平均下發現 A組為兩端漆包線漆皆磨除的平均爬坡距離為10公分優於對照組，B組為一端磨除一端為半磨除漆的平均行進距離9公分。
2. 由於導線轉子的直徑較前面的線圈來的粗，本研究團隊設想導線粗細影響電流的磁場強度，以故兩端全磨除漆，更有助於轉子翻轉前進的力量。
3. 基於上述的理由，我們再用不同磁鐵厚度來研究不同磁鐵厚度與導線是否會影響轉子爬坡向上的距離。

研究九、比較不同磁鐵厚度與導線影響轉子爬坡向上的距離

(1) 操縱變因：磁鐵厚度不同

應變變因：導線轉子爬坡前進的距離

不變變因：如下表

線圈 形狀	線圈 圈數	線圈 重量	強力磁 鐵直徑	電池 種類	磁鐵與線圈 距離
圓形	約2圈	1.7克	4.5mm	3號鹼性 串聯 四顆	1cm

*單位:公分

(2) 本實驗步驟：

1. 準備1個導線轉子兩端全磨除。
2. 把導線轉子放上已設計好的底板上面的強力磁鐵為厚度是0.4公分為對照組及厚度為1公分為實驗組並在一邊一邊加入一把尺墊高在一側形成大約為11度的坡度形成斜坡軌道上，並在軌道上接上電池的正負極。
3. 觀察記錄3次內在不同的線圈圈數順利爬坡向上前進的距離。

(3) 實驗結果如下：

表十四：比較不同磁鐵厚度與導線影響轉子爬坡向上的距離表

組數

次數	A(對照組)	B(實驗組)
1.	9	10
2.	11	11
3.	8	15
平均	9	12

*單位:公分 *強力磁鐵為厚度是0.4公分為對照組及厚度為1公分為實驗組

(4)發現與討論

1. 本實驗結果如表十四比較不同磁鐵厚度與導線影響轉子爬坡向上的平均距離強力磁鐵厚度為1公分為實驗組爬坡平均距離為12公分優於為厚度是0.4公分為對照組的爬坡距離為9公分。
2. 在研究八及研究九的實驗結果中，我們合理推測，在下個研究中如果把導線轉子兩端全磨除及再加上強力磁鐵1公分，是否可以在導線轉子的重心平衡感及導線重量穩定與軌道之間的摩擦力得到最好的爬坡力？

研究十、比較不同的坡度相同的導線轉子爬坡向上的距離

(1) 操縱變因：增加坡度

應變變因：導線轉子轉動前進的距離

不變變因：如下表

漆包線直徑	線圈形狀	線圈圈數	線圈重量	電池種類	強力磁鐵直徑	強力磁鐵厚度	磁鐵間隔距離	磁鐵與線圈距離
0.1mm	圓形直徑14mm	約二圈	1.7克	3號鹼性串聯四顆	4.5mm	1公分	1公分	1公分

(2) 本實驗步驟：

1. 準備導線轉子且重量在1.7克準備2個導線轉子分成A、B組，A組為兩端漆包線漆皆磨除是對照組，B組為一端磨除一端為半磨除是實驗組。
2. 把導線轉子放上已設計好的底板並在一邊分次加入已設計好的底板並在一邊分次加入一把尺墊高一側形成為坡度、二把尺、三把尺的墊高一側形成坡度，並在軌道上接上電池的正負極。
3. 觀察記錄3次內在導線轉子順利爬坡向上前進的距離。
4. 進行實驗討論比較記錄。

(3) 實驗結果如下：

表十五：導線轉子順利爬坡向上的距離(一把尺)

次數	組數	A	B
	1.	25	16
2.	25	13	
3.	25	10	

單位:公分 一把尺墊高一側坡度約為11度 *單位:公分

表十六：導線轉子順利爬坡向上的距離(二把尺)

次數 \ 組數	A	B
1.	25	16
2.	23	13
3.	14	10

*單位:公分 * 二把尺墊高一側坡度約為13度

表十七：導線轉子順利爬坡向上的距離(三把尺)

次數 \ 組數	A	B
1.	23	16
2.	20	13
3.	23	10

*單位:公分 * 三把尺墊高一側坡度約為15度

表十八:比較不同的坡度相同的導線轉子爬坡向上平均距離比較表

坡度 \ 組數	A	B
底板一側加上(一把尺)	25	13
底板一側加上(二把尺)	21	13
底板一側加上(三把尺)	22	13
平均	22	13

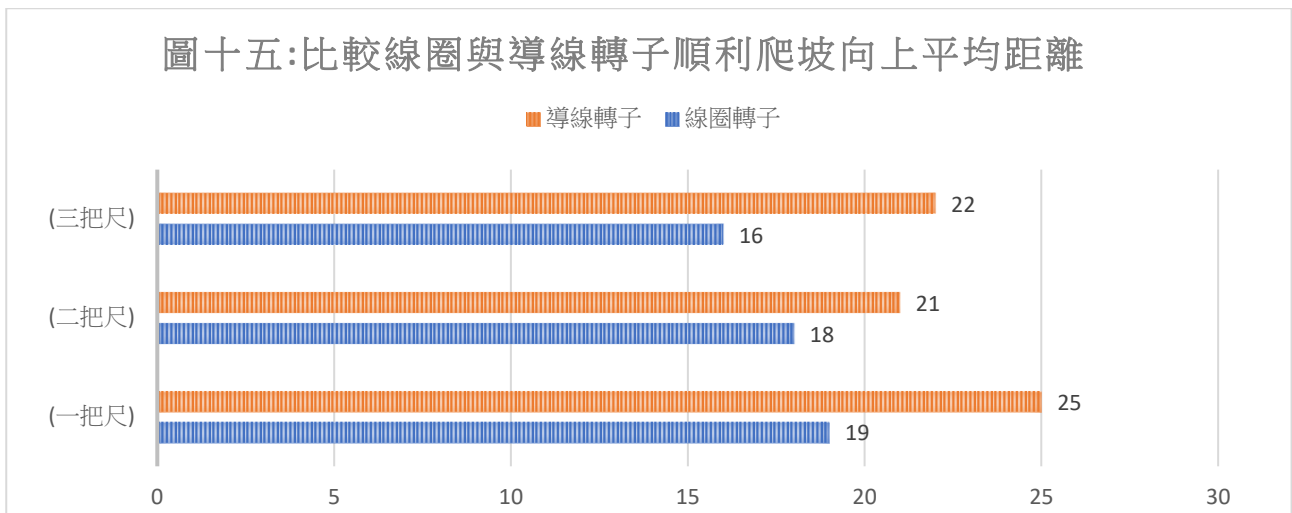
*單位：公分

表十九：比較線圈與導線轉子順利爬坡向上平均距離

	(一把尺)	(二把尺)	(三把尺)	平均
線圈轉子	19	18	16	18
導線轉子	25	21	22	23

*單位：公分

圖十五:比較線圈與導線轉子順利爬坡向上平均距離



(4)發現與討論

1. 本研究中如表十八所示A組對照組為兩端漆包線漆皆磨除平均爬坡距離在底板一側加入一把尺、二把尺及三把尺分別是25、21及22公分。B組實驗組為一端磨除一端為半磨除是實驗組加入一把尺、二把尺及三把尺均是13公分。對照組爬坡平均距離均優於實驗組(如表十九)。
2. 我們把研究五得到的研究結果與研究十的研究結果進行比較如圖十五，發現導線轉子的平均爬坡距離為23公分優於線圈轉子18公分。

陸、討論

- 一、 在設計底板做為轉子的軌道，因小學生並不適合使用電鑽，所以未能按照參考資料給我們的建議使木材當底板，以致於強力磁鐵的置放，會有些問題產生，例如製作的凹槽不能完全一致，有些許的高低不平，再來強力磁鐵因會受到其他強力磁鐵的影響，會一直彈跳出來，在實驗的過程中出現轉子向前進又往返的情形，將來可以考慮應用現在的 3D 雷雕的技術，來克服這個問題。
- 二、 參考資料建議團隊使用較粗的銅線來做軌道，但本團隊並未能順利找到粗銅線，我們利用廢棄的電線刮除塑膠皮，來製作軌道，發現在刮除的過程銅線表面容易不平整，摩擦力太大，嚴重影響轉子前進，我們試著使用其他的材料如鉛線、白鐵鉛線、鋁線、鐵線等做測試，最後選定白鐵鉛線最為理想。
- 三、 研究團隊參考資料上並未說明要使用幾圈的線圈來製作轉子，在探究最佳圈數轉子花了不少時間，再加上一開始資料建議要轉子兩端漆要全磨除，但其實根據我們的實驗結果發現，我們使用一般課堂上所使用的漆包線最好是一端全磨除，一端半磨除比較理想。
- 四、 研究團隊在製作線圈轉子時，都是以 3 號的電池直徑為基準，做出圈數 6 相同的線圈轉子，但是在實際操作實驗的時候，卻不能有相同的表現，後來發現，每個人雖然做了相同圈數的轉子且直徑相同，但是重量可能會差到 0.3 克，這個因素就可能會去影響轉子在旋轉的時候會有重心不穩的現象。
- 五、 礙於經費的考量，本研究團隊在每次實驗就更換新電池是有困難的，我們參考過去科展做過相關研究的作品，在該研究中說明使用鹼性電池可以維持比較穩定的電壓，所以我們在進行實驗時會使用三用電表測量電池的電壓維持在 5.8V 左右，如果下降至 4.8V 才會更換新電池，這也有可能影響部份線圈的表現。
- 六、 使用線圈數 6 轉子進行實驗研究，仍然會有因重量不足偏移的現象，雖然我們試著在轉子兩端加上一點重量（加黏土或吸管），但研究結果都會使轉子反而不能順利轉動。
- 七、 因上述緣由，本團隊試著嘗試和電線一樣粗的銅線來做轉子，其穩定度增高，但因此影響電流的磁場強度，實驗過程導線轉子會很燙，也會因為這樣有時過熱而影響實驗結果。
- 八、 電線一樣粗的銅線來做導線轉子，在實驗的過程中因材料不足，無法製作多個轉子，再加上銅線粗非常難製成轉子，故實驗組數較少，但實驗結果發現是導線轉子才能爬

坡向上走完本研究團隊所設定的距離。

	線圈轉子	導線轉子
1. 線圈重量	0.8 克	1.7 克
2. 兩端子	一端全磨除，一端半磨除	兩端皆磨除
3. 線圈數	6 圈	約 2 圈
4. 底板強力磁鐵厚度	0.4 公分	1 公分

- 九、依上表線圈轉子與導線轉子相異處來討論，線圈轉子在通電時如果兩端子皆磨除會因此產生過大的磁力，在旋轉的過程中，和下方磁鐵吸住反而不動或者是向前進又往回走的可能性，所以只需兩端子一端全磨除，一端半磨除走得比較順利，但是也會有過輕而產生偏移的現象。若改成導線轉子則因為銅線加粗重量加重需要更大的磁力來做旋轉，所以兩端子兩端皆磨除又加上加厚磁鐵反而爬得更穩，但是導線轉子容易過熱，不小心會燙到手要多注意危險性。
- 十、本研究團隊在實驗結束後突發奇想，這個實驗不僅是趣味性，可以讓我們去思考，現在的機械大部份都有微電腦控制，如果一旦發生較巨大的晃動就會停止不動，那麼假設當時發生地震有人剛好坐在電梯裡，電梯停止不動時，是否有可能在安全的考量下，啟動類似這樣子可以忍受稍有坡度的轉動，讓電梯可以降至一個樓層協助受困的人不必等待救援，自行脫困。也或許可以做為本團隊再進一步研究的方向。

柒、結論

- (一) 研究一實驗結果我們發現 5、6、10、11、14 順利平行直線前進距離為佳，其中以線圈數 6 在 10 次內可以累積有 17 公分的移動距離，其次為 14 圈移動 15 公分為次之。
- (二) 研究二中線圈轉子其兩端子，一端全磨除一端半磨除漆得到更佳表現，移動的距離更長，其中又以線圈數 6 圈轉子表現最好，平均移動距離有 9 公分。
- (三) 研究三中增加實驗組數，線圈數 6 轉子數量且重量控制在一個重量為 0.8 克的線圈轉子，再加上一端漆全磨除，一端漆半磨除，實驗結果證明在平行移動距離中可以順利轉動前進。
- (四) 研究四中比較線圈轉子順利爬坡向上的距離，對照組(不加尺)平均移動距離為 5 公分，而實驗組(一把尺)的高度，可以爬坡向上的距離為 8 公分，優於對照組。
- (五) 研究五中比較不同的坡度相同的線圈數轉子爬坡向上的距離，實驗結果中得知對照組(一把尺) 平均爬坡距離為 19 公分，實驗組(二把尺) 18 公分，實驗組(三把尺) 為 16

公分。隨著坡度增加，我們可以看得出來轉子在移動的過程中，坡度影響線圈爬坡向上的力量，進而使移動的距離逐漸下滑。

- (六) 研究六中線圈轉子在不同磁鐵厚度順利爬坡向上前進的平均距離，實驗組平均距進優於對照組平均距離 1 公分其差異性不大。
- (七) 本研究七中增加線圈的重量但是不要增加線圈數，以加強會使線圈轉子和軌道之間的摩擦力，使得線圈轉子，更穩定，提升爬坡向上的距離。故我們使用比較粗的漆包線製做成約2圈的線圈，很像一般實驗的電線，在此稱為**導線轉子**。導線轉子兩端漆全磨除是對照組，一端全磨除而一端漆半磨除是實驗組，其平行移動距離在三次結果平均皆為10公分。
- (八) 研究八中團隊再次發現導線轉子在增加一把尺墊高在底板一側形成大約為11度的坡度斜坡軌道，結果發現對照組為兩端漆包線漆皆磨除的平均爬坡距離為10公分優於對照組，實驗組為一端磨除一端為半磨除漆的平均行進距離9公分，
- (九) 研究九實驗結果比較不同磁鐵厚度與導線影響轉子爬坡向上的平均距離強力磁鐵厚度為1公分為**實驗組**，爬坡平均距離為12公分優於為強力磁鐵厚度是0.4公分為**對照組**爬坡距離為9公分。
- (十) 研究十中對照組為兩端漆包線漆皆磨除平均爬坡距離分別在底板一側加入一把尺、二把尺及三把尺分別是 25、21 及 22 公分。B 組實驗組為一端磨除一端為半磨除是實驗組加入一把尺、二把尺及三把尺均是 13 公分。**對照組爬坡平均距離均優於實驗組。**
- (十一) 我們把研究五得到的研究結果與研究十的研究結果進行比較，發現導線轉子的平均爬坡距離為 **23 公分**優於線圈轉子 **18 公分**。導線轉子的研究結果幾近可以走完我們所設定的爬坡距離，更為符合我們本實驗的最終期待。

捌、參考資料

- 一. 南一書局。國小自然與生活科技 四下 教師手冊。民107年2月。
- 二. 康軒書局。國小自然與生活科技 六上 教師手冊。民107年8月。
- 三. 許良榮著。玩出創意4 55個玩悅科學實驗。小五南。民105年2月。150-152。
- 四. 中華民國第五十七屆小學科學展覽會。國小組物理科。
080105誰是大力士—線圈斥力的研究

國立台中教育大學 NTCU

科學教育與應用學系

科學遊戲實驗室

- 五. <http://scigame.ntcu.edu.tw/electric/electric-036.html>

