

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組物理科

080116

國立花蓮師範學院附設實驗國民小學

指導老師姓名

李偲華

游時銘

作者姓名

鄭經叡

林雨韻

劉宓羿

繆以欣

壹、摘要

本研究是從自然與生活科技領域中的有關磁鐵的單元出發，依據磁鐵的各種特性設計各種軌道，如直行軌道、360 度軌道、轉彎軌道、波浪型軌道、磁浮軌道等，並將這些軌道組合成一個磁力車能行駛的磁力樂園。最後，我們還發展一個獨特的「立體磁力線測量儀」分析磁力樂園中各個不同軌道以及各個軌道銜接處的磁力線。我們利用一整年的時間完成這個磁力樂園的研究，獲得非常多的收穫。

貳、研究動機

還記得國編本自然與生活科技領域第九冊第七單元「聽話的磁鐵」及第十一冊第六單元「電的使用」的課程中，我們學到磁鐵不僅可使鐵製品移動，還發現可利用磁鐵相斥和相吸的原理使磁鐵移動或漂浮，再加上日本的磁浮列車聲名遠播，因此我們突發奇想，想試試看利用磁鐵等工具來製作有趣的磁力車，還想製作出屬於自己的磁浮列車，為了實現我們的想法，我們決定找老師一起研究，一同向困難挑戰。

參、研究目的：

1. 研發能行駛 50 公分以上的磁力車。
2. 研發能磁浮並行駛 50 公分以上的磁浮列車。
3. 將軌道加以組合成一個磁力樂園讓磁力車能行駛於上。

肆、研究子題：

1. 了解磁鐵有哪些特性？
2. 磁鐵的大小及厚度是否會影響其磁力的大小？
3. 不同形狀的磁鐵放在鐵沙中，鐵沙會有什麼變化？
4. 讓磁力車在軌道上行走的方式有哪些？
5. 磁力軌道重疊的距離是否會影響磁力車行駛的距離？
6. 軌道與地面的夾角是否會影響磁力車行駛的距離？
7. 磁浮列車的磁鐵數是否會影響磁浮列車在軌道上磁浮的高度及行駛的距離？
8. 運用磁鐵的斥力當作磁浮列車出發的動力時，當作動力的磁鐵數是否會影響磁浮列車在軌道上磁浮的高度及行駛的距離？
9. 當動力穩定時，磁浮列車的磁鐵數是否會影響行駛的距離？
10. 如何利用磁力創造一個有趣的磁力樂園？

伍、研究設備及器材

1. 各種型號的磁鐵數個。
2. ㄇ字型軌道模型數個。
3. 膠帶、熱熔膠、壓克力板。
4. 鐵沙、塑膠罐、沙拉油、電子秤、投影片、白紙。

陸、研究方法、流程與架構



由於我們在國編本自然與生活科技領域第九冊第七單元「聽話的磁鐵」及第十一冊第六單元「電的使用」的課程中所學得的有關於「磁力」的知識及相關經驗有限，因此我們先到圖書館及網路上尋找相關的書籍、錄影帶加以閱讀，藉此增加自己對磁鐵特性的認識之外，並希望引發我們的想像力及創造力來研發出有趣的磁力車樂園。

一、問題一：了解磁鐵有哪些特性？

●研究方法：在網路、圖書館等管道找尋相關資料，研讀有關「磁鐵」的書籍，並欣賞相關的影片。

●研究發現：

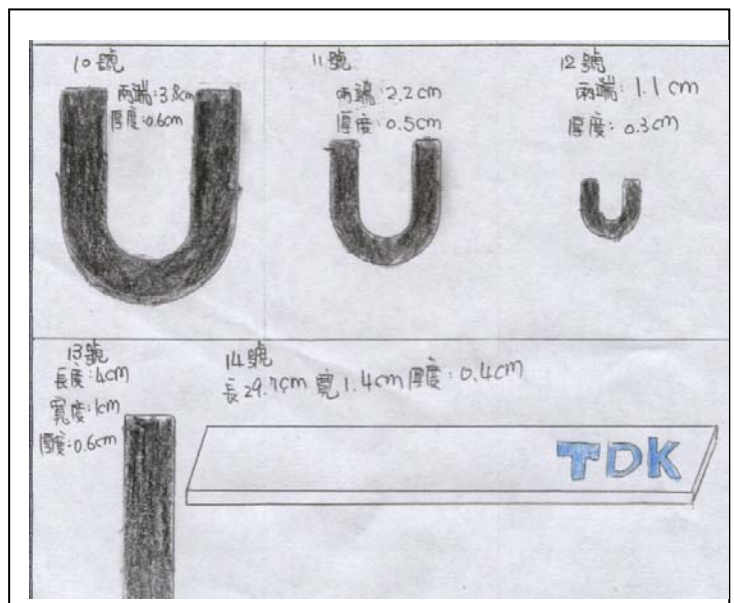
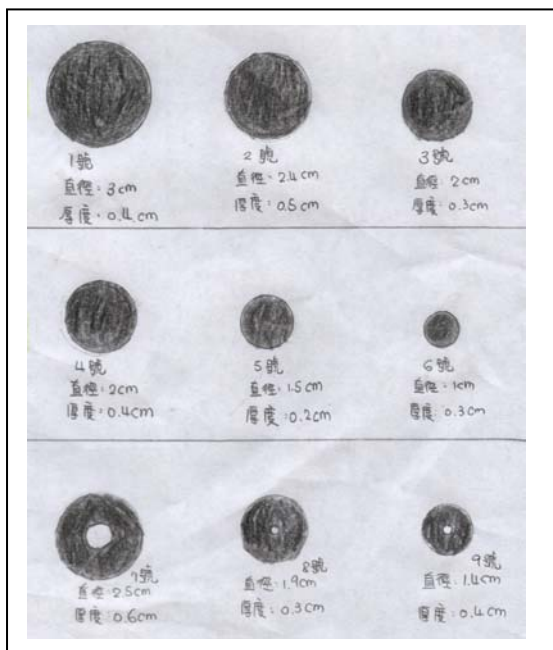
1. 在二千多年前，人們已發現一種可吸引鐵製物件的天然礦石，懸掛時它會指著南北方向，這種礦石稱為磁石，其主要的成份是鐵，所以現今一般都稱它們為磁鐵。
2. 磁鐵有兩極，習慣以 N 代表磁鐵的北極，以 S 代表磁鐵的南極。磁鐵兩端的磁力最強。磁鐵碎掉，碎掉的磁鐵也會形成自己的 N 極和 S 極。
3. 若將導線（漆包線）繞在一根軟鐵，當電流通過導線時，軟鐵便會像磁鐵一樣具有磁力，這種裝置稱為電磁鐵。電磁鐵和永久磁鐵不同，電磁鐵的磁力是暫時性的，當通過電磁鐵的電流中斷後，磁力亦會消失。
4. 磁力所在的範圍就是磁場。
5. 用大小不同的磁鐵去吸鐵沙，較大的磁鐵會吸住較多的鐵沙，較小的磁鐵會吸住較少的鐵沙。用各種形狀不同的磁鐵吸鐵沙，鐵沙所形成的形狀也不一樣。
6. 浮動的磁鐵在空中靜止時會指向南北方，也就是說磁鐵有指示方向的作用。

二、問題二：磁鐵的大小及厚度是否會影響其磁力的大小？

●研究方法：

(1) 將蒐集到的磁鐵編號為 1-14 號，並依外型分類為圓形磁鐵、圓形有洞磁鐵、U 形磁鐵、棍棒形磁鐵。

(2) 將 1-14 號的磁鐵外型描繪下來，如下圖所示：



(3)依編號將該磁鐵置於一堆迴紋針中，依磁鐵所能吸起的迴紋針數來定義其磁力大小

●研究結果

表一：不同大小的圓形磁鐵與其磁力的關係表

圓形磁鐵編號		1	2	3	4	5	6
磁鐵直徑(cm)		3	2.4	2	2	1.5	1
磁鐵厚度(cm)		0.4	0.5	0.3	0.4	0.2	0.3
磁力測量 (個)	1	60	58	31	44	19	13
	2	57	57	33	39	22	11
	3	61	58	31	41	18	14
	4	65	58	30	42	20	12
	5	62	59	33	42	17	14
平均磁力(個) (幾個迴紋針)		61	58	31.6	41.6	19.2	13.2

表二：不同大小的有洞圓形磁鐵與其磁力的關係表

圓形有洞磁鐵編號		7	8	9
磁鐵直徑(cm)		2.5	1.9	1.4
磁鐵厚度(cm)		0.6	0.3	0.4
磁力測量 (個)	1	40	20	16
	2	45	25	17
	3	41	27	19
	4	42	22	14
	5	44	19	15
平均磁力(個)		42.4	22.6	16.2

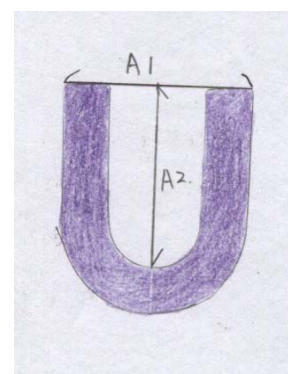
表三：不同大小的U形磁鐵與其磁力的關係表

U形磁鐵編號		10	11	12
A1(cm)		3.8	2.2	1.1
A2(cm)		3.8	2.5	1.1
磁鐵厚度(cm)		0.6	0.5	0.3
磁力測量 (個)	1	32	33	13
	2	31	29	14
	3	28	30	15
	4	27	28	10
	5	28	31	12
平均磁力(個)		29.2	30.2	12.8

表四：不同大小的棍棒形磁鐵與其磁力的關係表

棍棒形磁鐵編號		13	14
磁鐵長度(cm)		4	28
磁鐵寬度(cm)		1	1.5
磁鐵厚度(cm)		0.6	0.4
磁力測量 (個)	1	32	315
	2	33	317
	3	31	315
	4	31	316
	5	29	317
平均磁力(個)		31.2	316

U形磁鐵測量方式：



●實驗發現：

- (1)由3號及6號磁鐵得知，圓形磁鐵的厚度一樣時，直徑越大，磁力越大。
- (2)由3號及4號磁鐵得知，圓形磁鐵的直徑一樣時，厚度越厚，磁力越大。

- (3)由 8 號及 9 號磁鐵得知，圓形有洞磁鐵的直徑越大，磁力也越大。
- (4)由 3 號及 8 號磁鐵得知，當圓形實心磁鐵和圓形有洞磁鐵的直徑和厚度相當時，實心磁鐵的磁力比有洞磁鐵的磁力大。
- (5)由 13 號及 14 號磁鐵得知，棍棒形磁鐵的長度越長，磁力越大。
- (6)由 10 號、11 號及 12 號 U 型磁鐵得知，U 型磁鐵的型號越大，磁力越強。



我們依據磁鐵的諸多特性想要設計可行駛的磁力車，首先以圓形磁鐵及棍棒型磁鐵當作車子的基本形式，並輔以不同的軌道設計，讓磁力車可以行駛於上，然而經過許多次的失敗（見附錄）之後，才有成功的果實，以下是我們實驗出可行的磁力車方式。

三、問題三：不同形狀的磁鐵放在鐵沙中，鐵沙有什麼變化？

1. 方式一：

●研究方法：

- (1) 準備圓型、圓型有洞、U 型、棍棒形磁鐵各一至二個。
- (2) 將微量鐵沙置於白紙上，用尺將鐵沙平均分布在白紙上，上面覆蓋一張投影片，再將不同的一個或二個磁鐵放在投影上觀察鐵沙的變化。

●研究結果：

圖 3-1：圓形磁鐵

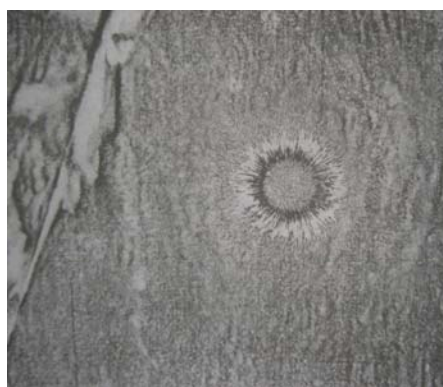


圖 3-2：U 型磁鐵



圖 3-3：圓型有洞磁鐵



圖 3-4：棍棒形磁鐵



圖 3-5：棍棒形磁鐵-同極相對-1



圖 3-6：棍棒形磁鐵-同極對同極-2



圖 3-7：棍棒形磁鐵異級相對-1

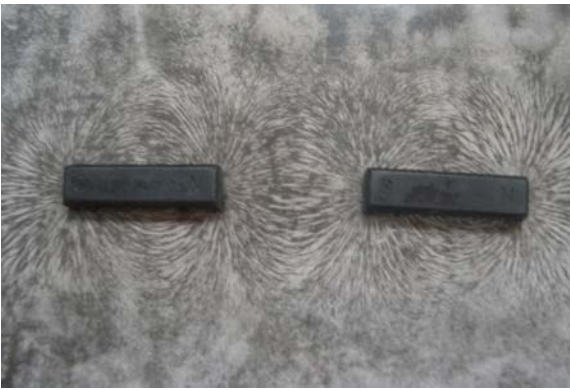


圖 3-8：棍棒形磁鐵異級相對-2



●研究發現：

- (1) 圓形磁鐵的邊緣、U 型磁鐵及棍棒形磁鐵的兩端會吸引較多的鐵沙，表示這些位置的磁力較強（如圖 3-1~圖 3-4）。
- (2) 我們發現由於磁鐵具有同極相斥，異極相吸的特性，所以由一極出發的磁力線會回到另一極，因而形成圓弧形的磁力線，而磁力線所能達到的範圍就是該磁鐵的磁場大小，
- (3) 我們發現兩個棍棒形磁鐵同極相對時，磁力線也會互相排斥不相吸（如圖 3-5~圖 3-6）。而兩個（或二個以上）棍棒形磁鐵異極相對時，會互相吸引，而有圓弧形的磁力線出現（如圖 3-7~圖 3-8）。
- (4) 我們發現這樣觀察磁力線的實驗裝置有幾個缺點：
 - ① 為了使鐵沙平均分佈，必須用塑膠尺將鐵沙鋪平，卻使塑膠尺易產生靜電而吸附鐵沙，一旦使用多次後就必須花時間將塑膠尺上的鐵沙清除乾淨，造成實驗上的困擾。
 - ② 鐵沙容易散落在桌面上、地面上，不方便清理。
 - ③ 鐵沙容易附著在磁鐵上，不方便清理。



為了改善上面觀察磁力線的缺點，我們試著自己製作可以觀察磁力線的儀器，經過多次的失敗（見附錄）終於成功地研發出方便好用還可測量出立體磁力線的裝置，如下圖。



圖 3-9：從「立體磁力線儀」上方觀察磁力線的情形。

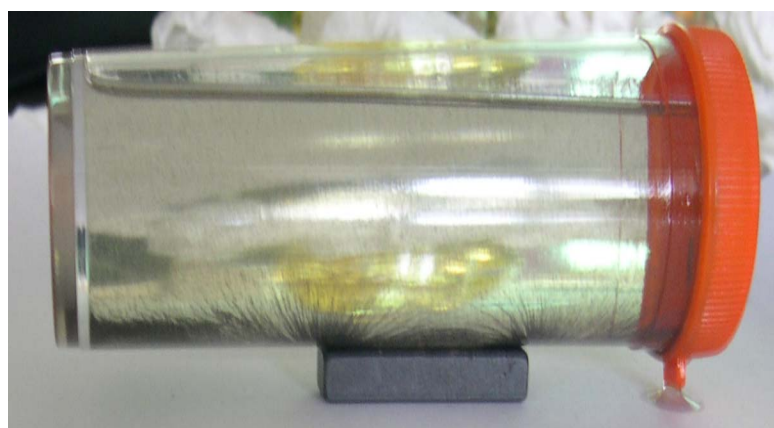


圖 3-10：從「立體磁力線儀」側邊觀察磁力線的情形。

＊製作「立體磁力線儀」材料說明：

經過多次的實驗（見附錄），發現「立體磁力線儀」中，要讓磁力線最清晰呈現的材料配法為：在圓柱型罐子中裝沙拉油 90 公克，鐵砂 0.9 公克。

＊「立體磁力線儀」的使用方式：

將「立體磁力線儀」上下左右搖動後，把「立體磁力線儀」置於要觀測磁力線的磁鐵上方或側邊，待一段時間後（約 10 秒鐘），「立體磁力線儀」中就能浮現出清晰的磁力線。

＊「立體磁力線儀」的優缺點分析：

優點-1. 因沙拉油為膠體溶液，因此將「立體磁力線儀」搖動後，鐵沙可以均勻地懸浮在塑膠罐中較長的時間。

2. 能呈現出立體的磁力線。

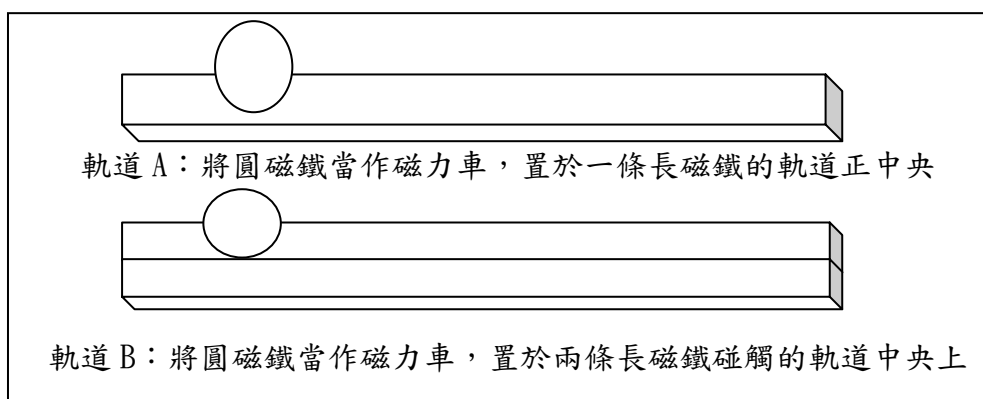
3. 只需要少量的鐵砂。

缺點-不論塑膠罐的蓋子旋得多緊，只要使用多次後，沙拉油會些微溢出，使桌面油膩。

1. 方式一：

●研究方法：

- (1)準備 14 號長磁鐵數條、5 號圓磁鐵 1 個
- (2)將圓形磁鐵放在兩種不同軌道(軌道 A、軌道 B)的 C 點上，用手將圓形磁鐵往 D 點推再放手，圓形磁鐵會往前移動，觀察圓形磁鐵在不同軌道上的行駛情形。
- (3)軌道 A、B 的裝置如下圖 4-1 所示：



●研究結果：

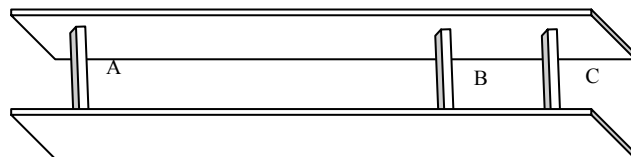
表五：不同的軌道與磁力車行駛距離的關係表

軌道形式	A	B
內容	在一條長磁鐵的軌道正中央行走	在兩條長磁鐵碰觸的軌道中央上行走
行駛距離	0.7cm	29.5cm
詳細描述	圓形磁鐵一放手，馬上就被長磁鐵軌道吸住而倒下。	圓形磁鐵一放手，圓形磁鐵能在軌道上行駛一段距離。

2. 方式二：

●研究方法

- (1)準備數個 14 號長磁鐵及數個 13 號長磁鐵。
- (2)將 14 號長磁鐵當作軌道上的兩道牆，再將三個 13 號長方形磁鐵放在兩個軌道牆裡，三個 13 號長磁鐵分別編號為磁鐵 A、B、C，基本裝置如下圖 4-2 所示：



- (3)將磁鐵 B 往磁鐵 C 的方向拉近再放手，利用磁鐵 B、C 相斥的原理，磁鐵 B 會往磁鐵 A 的方向移動，測量磁鐵 B 移動的距離。

(4)依據基本裝置圖，改變不同的操縱變因，形成數個子實驗，並觀察在不同的操縱變因下，磁鐵B在軌道牆裡行駛的情形。子實驗內容如下所述：

A. 在磁鐵牆數目固定之下，磁鐵A和磁鐵C距離的改變是否會影響磁鐵B移動的距離？

●實驗步驟：磁鐵牆固定一邊三片14號的長磁鐵，固定BC的距離為3cm，依序改變AC的距離為10cm、15cm、20cm、25cm，將磁鐵B往磁鐵C的方向拉近再放手，利用磁鐵B、C相斥的原理，磁鐵B會往磁鐵A的方向移動，測量磁鐵B移動的距離。

B. 磁鐵A和磁鐵C的距離固定，磁鐵B和磁鐵C的距離是否會影響磁鐵B移動的距離？

●實驗步驟：磁鐵牆固定一邊一片9號的長磁鐵，固定AC的距離為20cm，依序改變磁鐵B和磁鐵C的距離為0公分、0.5公分、1.0公分、1.5公分、2.0公分、2.5公分、3.0公分，將磁鐵B置於固定位置後放手，利用磁鐵B、C相斥的原理，磁鐵B會往磁鐵A的方向移動，測量磁鐵B移動的距離。

C. 磁鐵A和磁鐵C的距離固定，改變磁力牆的數量是否會影響磁鐵B移動的距離？

●實驗步驟：固定BC的距離為0cm，固定AC的距離為20cm，改變磁鐵牆的長磁鐵數，利用B、C相斥的原理，磁鐵B會往磁鐵A的方向移動，測量磁鐵B往磁鐵C移動的距離。

●研究結果：

(1)子實驗A：

表六：磁鐵A、C的距離和磁鐵B移動距離的關係表

單位：公分

A和C的距離 實驗次數	10	15	20	25
第一次	5.6	8.4	10.6	5.6
第二次	6	8.9	11.4	5
第三次	5.8	8.6	10	5.1
第四次	7.1	8.7	12	5.4
第五次	5.9	8.8	10.1	5.5
平均	6.08	8.72	10.82	5.32
實驗情形描述	磁鐵B往磁鐵A行駛，快接近磁鐵A時會受到磁鐵A斥力的反彈一小段距離才停止。			
	行駛得很平穩，磁鐵B不會受到磁鐵A斥力的影響而反彈。			
	能行駛得很平穩，且磁鐵B不會受到磁鐵A斥力的影響而反彈。			
	行駛得很平穩，磁鐵B不會受到磁鐵A斥力的影響而反彈。			

●研究發現

- (a) 因為磁鐵 B 在行駛時容易被磁鐵牆所構成的軌道卡住，因此我們用熱熔膠固定磁鐵 A 和磁鐵 C 於磁鐵牆上增加磁鐵 B 行駛的軌道空間，這樣磁鐵 B 行駛時就不會被磁鐵牆卡住了。
- (b) 當磁鐵 A 和磁鐵 C 相距 10 公分時，磁鐵 B 往磁鐵 C 拉近後，磁鐵 B 會往磁鐵 A 的方向行駛，但磁鐵 B 快接近磁鐵 A 時會受到磁鐵 A 斥力的反彈回來一小段距離才停止，因此我們所測量的是磁鐵 B 停止後和磁鐵 C 的距離。
- (c) 當磁鐵 A 和磁鐵 C 相距 10 公分、15 公分、20 公分時，磁鐵 B 往磁鐵 A 行駛的距離也隨之增大。換句話說，當磁鐵 A 和磁鐵 C 的距離太近時，磁鐵 B 會受到磁鐵 A 斥力的反彈，反而不利於磁鐵 B 的行駛。
- (d) 當磁鐵 A 和磁鐵 C 相距 20 公分時跑得最遠，也不會受到磁鐵 A 的斥力反彈，行駛的平均距離為 10.82 公分。
- (e) 當磁鐵 A 和磁鐵 C 的距離在 10 公分至 20 公分內時，相距越長，磁鐵 B 行駛的距離越遠。

(2)子實驗 B:

表七：磁鐵 B、C 的距離和磁鐵 B 移動距離的關係表

單位：公分

實驗次數 B 和 C 的距離	一	二	三	四	五	平均	實驗情形描述
0 cm	8.5	7	5.5	6	11.7	7.74	磁鐵 B 行駛時很平穩
0.5 cm	2.9	3.2	5.7	3.6	5.5	4.18	磁鐵 B 行駛時很平穩
1.0 cm	2.4	4.8	3.5	2.9	2.5	3.04	很平穩
1.5 cm	1.7	1.4	1.5	1.5	1.6	1.54	磁鐵 B 行駛時很平穩
2.0 cm	0.9	0.8	0.6	0.8	0.9	0.8	在 B 磁鐵要停止前 B 磁鐵的左側會有點搖擺。
2.5 cm	0.6	0.8	0.8	0.5	0.7	0.658	在 B 磁鐵要停止前 B 磁鐵的左側會有點搖擺。
3.0 cm	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.18	因 B 磁鐵相距 C 磁鐵太遠，所以動的不遠。

●研究發現

- (a) 當磁鐵 B 和磁鐵 C 相距 0 公分時，磁鐵 B 行駛的距離最遠，為 7.74 公分。
- (b) 當磁鐵 B 和磁鐵 C 相距 3 公分時，磁鐵 B 行駛的距離最短，為 0.18 公分。
- (c) 磁鐵 B 和磁鐵 C 相距的距離越短，磁鐵 B 行駛的距離越遠，行駛情形也越平穩。

(3)子實驗 C:

表八：磁力牆的數量和磁鐵 B 移動距離的關係表

單位：公分

磁力牆數量 實驗次數	1 片	2 片	3 片	4 片	5 片	6 片
第一次	12	15	15.6	13.5	7.3	5.2
第二次	13.2	13.2	16.5	9.4	6	4.9
第三次	13	12.7	16.7	9.8	5.8	4.5
第四次	12.1	12.5	15.9	13.8	6.5	5
第五次	11.4	13	15	14.3	7.7	4.5
平均	12.34	13.28	15.94	12.16	6.66	4.82
實驗情形描述	行駛得很平穩。	行駛得很平穩。	行駛得很平穩。	行駛得很平穩。	行駛得很平穩。	行駛得很平穩。

●研究發現

- (1) 磁鐵牆每邊從 1 片 14 號磁鐵增至每邊 3 片 14 號磁鐵時，磁鐵 B 的行駛距離會越來越遠。
- (2) 磁鐵牆每邊從 4 片 14 號磁鐵增至每邊 6 片 14 號磁鐵時，磁鐵 B 的行駛距離會越來越短。
- (3) 每邊 3 片磁鐵牆時，磁鐵 B 能夠行駛得最遠，行駛的平均距離為 15.94 公分。
- (4) 當磁鐵牆從每邊 4 片 14 號磁鐵依序增加後，可能因為磁鐵牆的磁力太強而影響磁鐵 B，所以行駛距離會越來越短。



在上個實驗裡，我們發現將圓形磁鐵當作磁力車在兩條相接的長磁鐵中央行駛的情形相當穩定（如圖 4-3、4-4），不僅很有趣味也很有發展性，因此以下的實驗將以此繼續作延伸，進行不同操縱變因的探討，期望能增加磁力車行駛的距離。



圖 4-3: 將磁鐵置於軌道的一端。



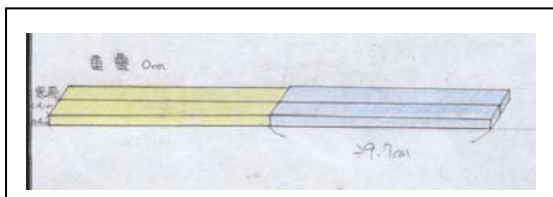
圖 4-4: 放手後，磁力車會因軌道的吸引而自動往前行駛。

五、問題五:磁力軌道重疊的距離是否會影響磁力車行駛的距離?

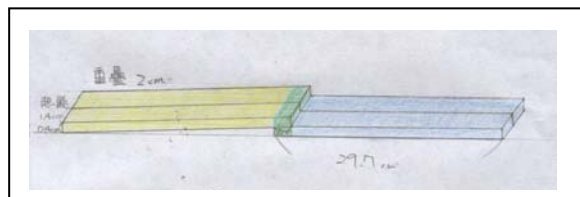
●實驗方法:

- ①將 5 號圓形磁鐵當作磁力車在兩條相接的 14 號長磁鐵中央行駛，利用重疊軌道的方式將軌道延長，以增加軌道的長度。
- ②將軌道兩兩重疊的距離從 0 公分、2 公分、4 公分、6 公分、8 公分、10 公分依序增加，並將磁力車置於 A 點，將磁力車從 A 處移往 B 處後放手，記錄磁力車在不同軌道上行駛的距離。
- ③實驗裝置如下所示：

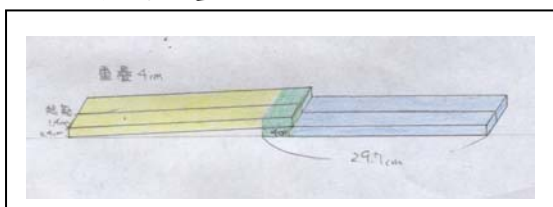
a. 軌道重疊 0 公分



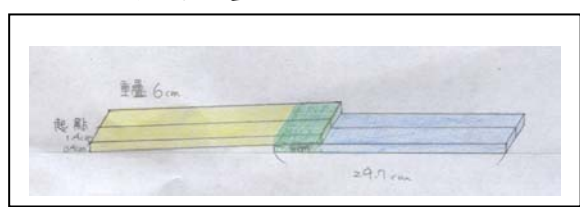
b. 軌道重疊 2 公分



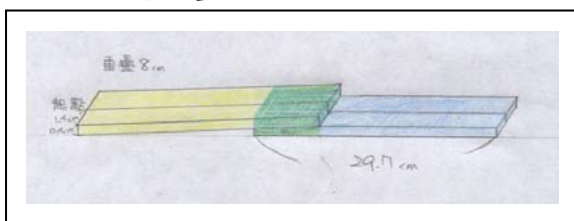
c. 軌道重疊 4 公分



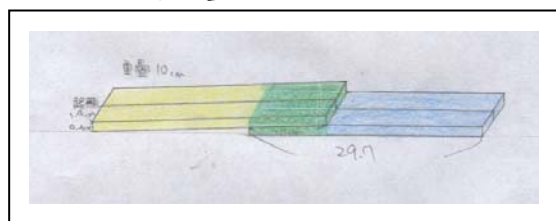
d. 軌道重疊 6 公分



e. 軌道重疊 8 公分



f. 軌道重疊 10 公分



●實驗結果

表九：重疊的軌道距離和磁力車移動距離的關係表

重疊距離 行駛距離	0cm	2cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
第一次	58.0cm	43.8cm	39.2cm	41.5cm	48.4cm	46.4cm
第二次	51.2cm	46.8cm	43.0cm	45.6cm	47.8cm	45.4cm
第三次	56.5cm	44.0cm	44.4cm	43.0cm	48.1cm	46.3cm
第四次	57.7cm	44.9cm	42.6cm	42.9cm	47.7cm	45.4cm
第五次	49.5cm	43.15cm	46.4cm	43.7cm	47.8cm	45.7cm
平均	54.54cm	44.52cm	43.12cm	43.34cm	47.96cm	45.9cm
實驗情形 描述	當磁力車跑到極限的距離時，反彈的距離來回大約 5 公分。	磁力車行駛得相當平順。	磁力車行駛得相當平順。	磁力車行駛得相當平順。	磁力車到 41.5 公分處，快停止了，卻在第二段及第三段軌道重疊處被吸走。	磁力車到 35.4 公分處，快停止了，卻在第二段及第三段軌道重疊處被吸走。

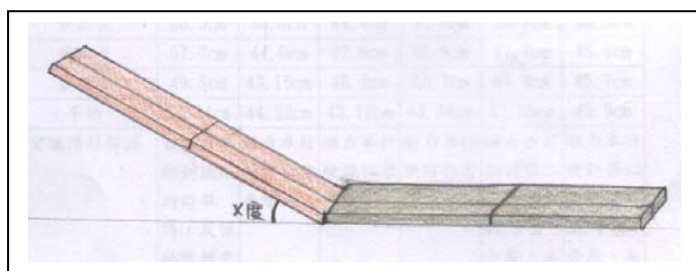
●研究發現：

- (1) 當兩段軌道重疊 0 公分時，磁力車可行駛得最遠，行駛距離為 54.54 公分。
- (2) 當兩段軌道重疊 8 公分及 10 公分時，磁力車在欲停止時剛好是下一段軌道重疊之處，因此受到磁力的影響而會被吸引又行駛一段距離，因此行駛的距離會延長而影響結果。
- (3) 當兩段軌道重疊處從 0 公分、2 公分、4 公分、6 公分、8 公分、10 公分依序增大時，磁力車行駛的距離卻越來越短。

六、問題六：軌道與地面夾角是否會影響磁力車行駛的距離？

●實驗方法：

1. 將 14 號長磁鐵兩兩重疊 0 公分，連續接 10 段以上的長磁鐵，當作磁力車的軌道。將編號 1-6 的磁力車（實心圓磁鐵）拉到軌道的 A 端（有角度的一端）放手，磁力車便會往 B 端滑行。裝置如下圖 6-1 所示：



2. 用白板擦支撐軌道形成角度，依序改變軌道角度為 0 度、5 度、10 度……90 度，並記錄磁力車行駛的距離。

●實驗結果

表十： 0 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	實驗情形描述
1	73.2	78.6	77.8	73.8	73	73.28	能平穩的行駛
2	71.6	69.7	73.1	75.7	69.4	71.9	能平穩的行駛
3	55.6	52.5	54.2	51.7	55	53.8	能平穩的行駛
4	49.9	48.9	50.2	47.1	56.5	48.26	能平穩的行駛
5	47.2	57.6	59.1	47.9	48.1	51.98	能平穩的行駛
6	29.5	30	29	27	30	29.1	能平穩的行駛

表十一： 5 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	實驗情形描述
1	97	101.5	98	97.4	102	99.18	能平穩的行駛
2	89	86.6	81.2	87.4	88.8	86.6	能平穩的行駛
3	78.8	81.5	84.4	80	79.5	80.84	能平穩的行駛
4	76.6	76.4	74	76.8	76.1	76.1	能平穩的行駛
5	60	60	60	60	59.3	59.3	能平穩的行駛
6	38.7	39.6	36.8	38	38.64	38.64	能平穩的行駛

表十二：10 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	253	258	258.8	254.5	248.9	254.64	一直抖
2	194.2	197.3	197.9	196.8	196.3	196.5	會抖
3	159	155.8	156.4	155.4	162.3	157.78	衝力大
4	144.7	145.7	137.6	144.7	142.7	143.08	會左右搖晃
5	99.2	57.4	73	64.8	61.5	71.18	容易跌倒
6	66.8	69.8	68	69.1	69.4	58.62	不易跌倒

表十三：15 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	描述情形
1	261.4	278.5	272	274	265.7	270.33	一直抖
2	226.5	235.5	228	222.7	220	226.54	到連接點會抖
3	174.4	168.7	169	173.4	173.4	171.76	無法到第 7 片
4	172.8	167.7	168	176.7	176.7	172.58	無法到第 7 片
5	120	105.2	122.4	111.1	111.1	111.44	時常跌倒
6	73.6	74.3	76.7	74.7	74.7	74.62	不易跌倒

表十四：20 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	330	330	330	330	330	330	跑的很順又很遠
2	224.7	222.6	224.7	219.4	240	226.28	有時會抖
3	180	180	180	180	180	180	會一直抖
4	180	180	180	180	180	180	會一直抖
5	120	120	120	120	120	120	跑的不遠
6	75.1	74.4	74.3	74.2	75.1	74.62	跑的不遠

表十五：25 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	330	330	327	330	330	329.4	可以跑很遠
2	300	300	300	290.6	300	298.12	可以跑很穩
3	226.2	226	224	218	226.2	224.08	跑的很遠很穩
4	224.5	210	210	210	210	212.9	跑的很穩
5	146	150	210	146.5	150	148.5	很容易跌倒
6	84.6	84	150	83.2	84	83.5	跑不遠，但不容易跌倒

表十六：30 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	330	330	300	300	300	312	很平穩
2	330	330	330	330	330	330	跑很快很遠, 但會抖
3	330	330	330	330	330	330	跑很快很遠, 但會抖
4	210	210	210	210	210	210	跑很快很遠, 但會抖
5	168.6	173.6	164.8	173.2	177.4	171.52	會搖晃 (跌倒不記錄)
6	90	90	90	90	90	90	不容易跌倒

表十七：35 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	360	360	360	360	360	360	很遠
2	330	330	330	330	330	330	會搖晃
3	240	240	240	240	240	240	很遠
4	210	210	210	210	210	210	有時會倒落
5	171.6	171.1	171	170.1	169.9	170.86	有時會倒落
6	100.8	98.6	101.1	97.3	101	99.76	很穩定

表十八：40 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	360	360	360	360	360	360	跑得距離很遠但會搖晃
2	330	330	330	330	330	330	很好跑
3	225.2	231.8	226.7	232	232.1	229.5	很好跑
4	210	210	210	210	210	210	很好跑
5	167.6	167.9	167	171.5	163	167.4	易跌倒, 跌倒不記錄
6	107.8	106.9	108.3	107.5	107.3	107.56	平穩

表十九：45 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	360	360	360	360	360	360	不穩且搖晃
2	312.8	300.8	315.4	310.1	316.3	313.28	到連接點會晃
3	240	240	240	240	240	240	很平穩
4	225.1	224.8	223.7	223.9	225.3	224.56	很穩定但會晃
5	171.1	169.3	173.8	170.8	171.6	171.32	一直跌倒
6	98	101.3	102.3	101.5	103.2	101.26	跑的很穩

表二十：50 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	360	360	360	360	360	360	跑的很遠但不穩定
2	300	300	300	300	300	300	很平穩
3	210	210	210	210	210	210	很平穩
4	210	210	210	210	210	210	有時會搖晃
5	173.9	173	171.5	170.9	173.2	172.5	易跌倒, 跌倒不記錄
6	105	104	103.1	103.8	104.7	104.12	不易跌倒

表二十一：55 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	420	420	420	420	420	420	有點搖晃
2	330	330	330	330	330	330	跑的很順
3	210	210	210	210	210	210	一直抖
4	210	210	210	210	210	210	一直抖
5	175.5	171.1	169.8	172.6	171.5	172.1	易跌倒, 跌倒不記錄
6	107.3	109.5	110.1	109.9	110.5	109.46	很穩

表二十二：60 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	361.1	360	360	360	360	360.22	行走時會搖晃
2	278.2	277	277	283.3	283.5	279.8	有時會跌倒不記錄
3	210	210	210	210	210	210	同上
4	210.1	210.12	210	210	210	210	同上
5	150	150	150	150	150	150	到一定程度會反彈
6	90	90	90	90	90	90	會黏在軌道上

表二十三：65 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	349.5	348	351.9	351.2	345	349.12	一直跌倒，倒不記錄
2	288.5	286.3	287.7	288.5	287	287.6	到連接點會跌倒
3	212	212	212	212	212	212	超過連接點再反彈
4	210	210	210	210	210	210	很穩定
5	150	150	150	150	150	150	到一定程度就反彈
6	90	90	90	90	90	90	會黏在軌道上

表二十四：70 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	300	300	300	300	300	300	易倒
2	270	270	270	270	270	270	有搖晃，但不倒
3	212	212	212	212	212	212	在連接點後會反彈
4	194	195.2	193.2	194.5	194.2	194.42	易在 150 的地方倒
5	120	120	120	120	120	120	一直倒，倒落不記錄
6	90	90	90	90	90	90	十分穩定

表二十五：75 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	264.3	267	267.4	268.5	263.7	263.18	距離不穩定
2	210	210	210	210	210	210	比 1 號穩定
3	193.7	190.5	195.9	194.6	194.7	193.88	十分穩定
4	150	151	150	150	150	150.2	有幾次黏在軌道上
5	120	120	120	120	120	120	很容易跌倒
6	110.7	110.3	111.8	109.1	109.2	110.22	跑的很穩定

表二十六：80 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	210	210	210	210	210	210	很穩定（速度）
2	197.1	197.2	197.3	197.4	197.6	196.92	很穩定，可以走很遠
3	150	150	150	150	150	150	很穩定，可以走很遠
4	150	150	150	150	150	150	跑的距離很穩定
5	117.1	116.6	114.6	115.3	116.5	116	有時會年在傾斜的軌道上
6	82.1	81.3	79.8	80.1	79.1	80.48	距離都差不多

表二十七：85 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表 單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	60	60	60	60	60	60	會卡在軌道接合處
2	90	90	90	90	90	90	會卡在軌道接合處
3	60	60	60	60	60	60	會卡在軌道接合處
4	60	60	60	60	60	60	會卡在軌道接合處
5	60	60	60	60	60	60	會卡在軌道接合處
6	60	60	60	60	60	60	會卡在軌道接合處

表二十八：90 度角時，不同大小的磁鐵和磁力車移動距離的關係表

單位:cm

次數 磁鐵編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	實驗情形描述
1	60	60	60	60	60	60	會卡在軌道接合處
2	60	60	60	60	60	60	會卡在軌道接合處
3	60	60	60	60	60	60	會卡在軌道接合處
4	60	60	60	60	60	60	會卡在軌道接合處
5	60	60	60	60	60	60	會卡在軌道接合處
6	60	60	60	60	60	60	會卡在軌道接合處

●實驗發現：

- (1)磁力車的磁力大小為：1 號>2 號>3 號>4 號>5 號>6 號，而磁力車在軌道上的行駛距離為：1 號>2 號>3 號>4 號>5 號>6 號，換句話說，磁力車的磁力越強，在軌道上行駛的距離也就越長。反之，當磁力車的磁力越小時，磁鐵會因為周遭的磁力而受到影響，行駛的距離很短且很快就被軌道吸倒。
- (2)軌道的角度在 0 度至 55 度之間時，軌道的角度越大，磁力車行駛的距離越遠。
- (3)軌道的角度在 55 度至 80 度間時，軌道的角度越大，磁力車行駛的距離越短。
- (4)軌道的角度成 55 度時，磁力車能跑得最遠。
- (5)軌道角度 85 至 90 度時，磁力車行駛距離並沒有隨著角度增大而變遠，反而只能行駛至 60 公分的長度。



有了成功製作磁力車在軌道上行駛超過 200 公分以上的經驗（如圖 6-2），我們想試試看是否能利用磁鐵的斥力讓磁力車在軌道上浮起來並行駛一段距離，在經過許多次失敗的實驗後（見附錄），發現在 U 字模型的下方裝置一些 14 號長條磁鐵，並將 13 號棍棒型磁鐵當作列車行駛於 U 字模型中，如圖 6-3 所示，這樣就能讓列車浮起來，完成了「磁浮列車」的設計囉！



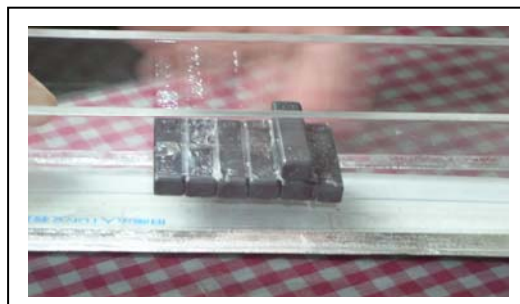
圖 6-2：磁力車在軌道上行駛
超過 200 公分以上



圖 6-3：「磁浮列車」的設計

但是，為了好還要更好，我們依據上圖的基本裝置，思考如何讓列車浮得更高，行駛得更遠、更平穩，所以有了以下實驗的設計，希望我們的磁浮列車有更好的品質。

七、問題七:磁浮列車的磁鐵數是否會影響磁浮列車在軌道上磁浮的高度及行駛的距離?



●實驗方法:

(1) 依上圖裝置，使用口字型軌道模型，在軌道模型的下方放置 4 條 14 號長磁

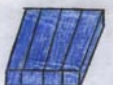
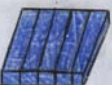
鐵，將 13 號磁鐵從 1 個依序增至 12 個，以 $\frac{S}{N} \frac{S}{N}$ 的排列方式當作列車。

(2) 改變磁浮列車的磁鐵數，並使用人的推力使磁浮列車前進，測量磁浮列車磁浮的高度及行駛的距離。

●實驗結果

表二十九：列車的磁鐵數與磁浮高度及行駛距離的關係表

單位：公分

磁力車的磁鐵數	1	2	3	4	5	6
排列方式						
磁浮高度 1	0	1.4	1.6	1.8	1.6	1.1
磁浮高度 2	0	1.5	1.6	1.8	1.5	1.2
磁浮高度 3	0	1.6	1.6	1.8	1.5	1.1
磁浮高度 4	0	1.6	1.6	1.8	1.6	1.1
磁浮高度 5	0	1.6	1.6	1.8	1.6	1.2
磁浮平均高度	0	1.54	1.6	1.8	1.56	1.14
行駛距離 1	0	8.6	8.9	11.6	7.1	8.9
行駛距離 2	0	8	9.9	10.1	8.4	8.3
行駛距離 3	0	9.4	8.1	11.2	9.7	8.2
行駛距離 4	0	10.5	9.9	10.3	8.4	9.1
行駛距離 5	0	9	9	9.9	8.2	9.1
行駛平均距離	0	4.1	9.16	10.62	8.36	8.72
實驗情形描述	列車無法浮起來，會被吸在軌道上	列車浮起及行駛時不太穩。列車的對邊會卡住。	列車行駛時會左右搖擺。	列車浮起及行駛時都相當穩定。	列車浮起及行駛時都相當穩定。	列車浮起及行駛時都相當穩定。

磁力車的磁鐵數	7	8	9	10	11	12
排列方式						
磁浮高度 1	0.9	1.4	1.4	1.2	1.0	0.7
磁浮高度 2	1.0	1.2	1.2	1.1	1.3	1.0
磁浮高度 3	0.9	1.3	1.3	1.0	1.2	1.1
磁浮高度 4	1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0
磁浮高度 5	1.1	1.4	1.4	1.0	1.5	0.9
磁浮平均高度	0.98	1.28	1.28	1.08	1.44	0.94
行駛距離 1	8.1	10.9	17	14.3	12.5	12.3
行駛距離 2	7.9	11.3	17.3	13.1	11.3	14.3
行駛距離 3	9.1	10.4	17.4	16.4	12.9	14
行駛距離 4	7.5	11.3	18.4	15.0	11.5	13.9
行駛距離 5	9.9	11.0	16.4	16.8	11.2	13.0
行駛平均距離	8.5	10.98	17.3	15.13	11.88	13.5
實驗情形描述	列車浮起及行駛情形都相當穩定。					

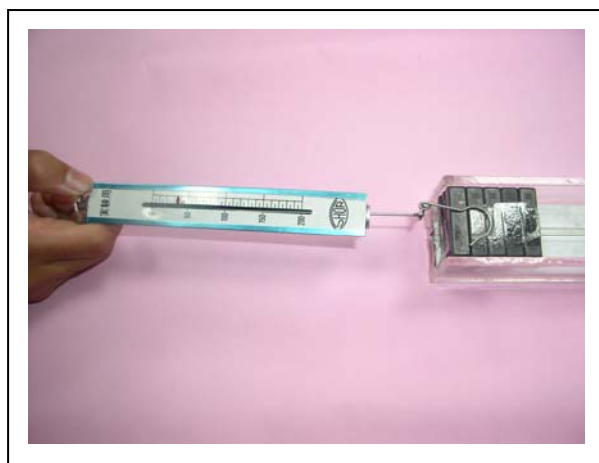
●實驗發現

- (1) 當磁力車的磁鐵數從 1 個增至 4 個的時候，列車磁浮的高度越來越高，當磁浮列車的磁鐵數為 4 個時，列車磁浮的高度最高為 1.8 公分。
- (2) 當列車的磁鐵數高於 4 個後，列車磁浮的高度並沒增加反而減少，我們推測應是列車的重量增加所導致的結果。
- (3) 從實驗結果來看，磁力車的磁鐵數與列車的行駛距離找不到規則，我們推測是因為以人力的推動來當做列車行駛的動力，由於無法控制每次都是一樣的力氣而造成實驗的不準確性，我們將於下一個實驗針對此作改進。

八、問題八：運用磁鐵的斥力當作磁浮列車出發的動力時，當作動力的磁鐵數是否會影響磁浮列車在軌道上磁浮的高度及行駛的距離？

●實驗方法：

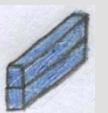
- (1) 使用口字型軌道模型，在軌道模型的下方放置 4 條 14 號長磁鐵，將 4 個 13 號磁鐵組合在一起當作列車。
- (2) 運用磁鐵的斥力當作磁浮列車出發的動力，改變當作動力的 13 號磁鐵數，並測量磁浮列車的行駛距離。
- (3) 為了測量出當作動力的磁鐵數與磁浮列車間斥力的大小關係，於是設計了以下裝置(如下圖)，用彈簧秤繫在磁浮列車上，在磁浮列車受到斥力而彈開時會拉動彈簧秤，記錄彈簧秤上的克數以作為斥力大小的準則。

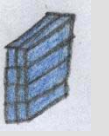


●實驗結果

表三十：當作動力的磁鐵數與磁力車行駛距離的關係表

單位：公分

當作動力的磁鐵數（個）	1	2	3	4
磁鐵的排列方式				
彈簧克數(克)	4	5	25	30
磁力車行駛距離 1 (cm)	6.7	16.1	29.5	29
磁力車行駛距離 2 (cm)	6.2	13.5	26	44.2
磁力車行駛距離 3 (cm)	7	10.6	28.5	36.5
磁力車行駛距離 4 (cm)	6.6	16.6	28.5	40
磁力車行駛距離 5 (cm)	5.6	11	29.6	27
磁力車行駛平均距離 (cm)	6.42	15.59	28.42	35.54
實驗情形描述	磁浮列車在行駛時會搖擺不平穩。	磁浮列車在行駛時會搖擺不平穩。	磁浮列車在行駛時會搖擺不平穩。	磁浮列車在行駛時會搖擺不平穩。

當作動力的磁鐵數（個）	5	6	7	8
磁鐵的排列方式				
彈簧克數	25	35	30	40
磁力車行駛距離 1 (cm)	29.2	35.7	33.9	44.5
磁力車行駛距離 2 (cm)	28	36.5	38.1	28.7
磁力車行駛距離 3 (cm)	30	36	37.5	32.3
磁力車行駛距離 4 (cm)	36.2	39.2	31.2	36.4
磁力車行駛距離 5 (cm)	35.2	39.2	36	33.7
磁力車行駛平均距離 (cm)	31.72	37.32	35.34	37.12
實驗情形描述	磁浮列車在行駛時會上搖擺不平穩。	磁浮列車在行駛時很平穩。	磁浮列車在行駛時很平穩。	磁浮列車在行駛時很平穩。

●實驗發現

- (1) 當作動力的磁鐵數由 1 個增至 4 個時，磁浮列車行駛的距離有明顯的增加；當作動力的磁鐵數由 5 個增至 8 個時，磁浮列車行駛的距離所增加的幅度不明顯。
- (2) 當作動力的磁鐵數是 6 個、7 個或 8 個時，磁浮列車行駛的情形較為平穩。
- (3) 使用彈簧秤來測量動力和列車間斥力的大小，其所測量出的克數與列車的行駛距離所明顯的關係。
- (4) 由彈簧秤所測量出的克數來看，當作動力的磁鐵數越多，斥力對列車的影響不一定越大。
- (5) 由實驗發現，以磁鐵的斥力當作磁浮列車出發的動力時，當作動力的磁鐵數與磁浮列車行駛的距離有明顯的相關性，可以改善以人力當作推力的缺點，這樣的發現將有利於進行下個實驗，用以驗證磁浮列鐵數與行駛距離的相關性。

九、問題九：當動力穩定時，磁浮列車的磁鐵數是否會影響行駛的距離？

●實驗方法：

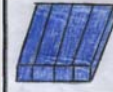
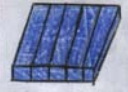
- (1) 使用口字型軌道模型，在軌道模型的下方放置 4 條 14 號長磁鐵，將 4 個

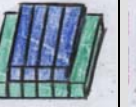
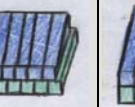
13 號磁鐵以 $\frac{S}{N} \frac{S}{N} \frac{S}{N} \frac{S}{N}$ 的排列方式當作列車出發的動力。

- (2) 改變磁浮列車的磁鐵數，並測量磁浮列車磁浮的高度及行駛的距離。

●實驗結果

表三十一：動力穩定時，列車的磁鐵數與其行駛距離的關係表 單位：公分

磁力車的磁鐵數	1	2	3	4	5	6
排列方式						
行駛距離 1	0	0	39.6	23.1	19.4	16.3
行駛距離 2	0	0	39.1	20.1	20.1	15.6
行駛距離 3	0	0	39.2	24	22.2	15.6
行駛距離 4	0	0	39.2	24.2	19.4	17.5
行駛距離 5	0	0	39.1	22.3	19.2	16.6
行駛平均距離	0	0	39.24	22.74	20.06	16.32
實驗情形描述	會翻車被軌道吸住無法行走	有時能行走但機率很小	會左右搖晃	會左右搖晃	很平穩	很平穩

磁力車的磁鐵數	7	8	9	10	11	12
排列方式						
行駛距離 1	9.2	11	13.2	30.5	20.3	12
行駛距離 2	9.4	11.2	12.8	33.6	19.1	14.6
行駛距離 3	9.4	11.1	13.1	32.4	19.4	13.1
行駛距離 4	9	12.4	13.5	31.2	20	12.7
行駛距離 5	9	12.4	13.2	30	20.1	12.9
行駛平均距離	9.16	11.62	13.16	31.14	19.78	13.06
實驗情形描述	會上下晃	很平穩	一直抖	很平穩	很平穩	一直抖

●實驗發現：

- (1) 當列車的磁鐵數為 1 個及 2 個時，易受動力的斥力所影響而無法行走，且會翻轉被軌道吸住。
- (2) 當列車的磁鐵數從 3 個增至 7 個時，因重量增加，行走距離開始減少。
- (3) 當列車的磁鐵數從 8 個增至 10 個時，因重量增加到一定程度，所以行走的較為平穩，行走距離也有明顯的增加。
- (4) 當列車的磁鐵數從 11 個增至 12 個時，列車行走的距離又開始減少了。
- (5) 以斥力當作穩定的動力，列車行駛的距離比實驗六的結果大為增加。



經過我們團隊不間斷的研究與發現，設計了需接觸磁性軌道的磁力車以及不用接觸軌道的磁浮列車，我們突發奇想，是不是能將這兩種不同的列車組合起來以多元的方式行駛，形成一個有趣的磁力樂園。

十、問題十：如何利用磁力創造一個有趣的磁力樂園？

- 實驗方式：將不同的軌道整合，經過不斷的嘗試、失敗，直到找出可行的方式，以下照片是我們實驗過程中成功的紀念。最後，再用「立體磁力線儀」分析各種不同類型軌道及不同種軌道之間銜接的磁力線。

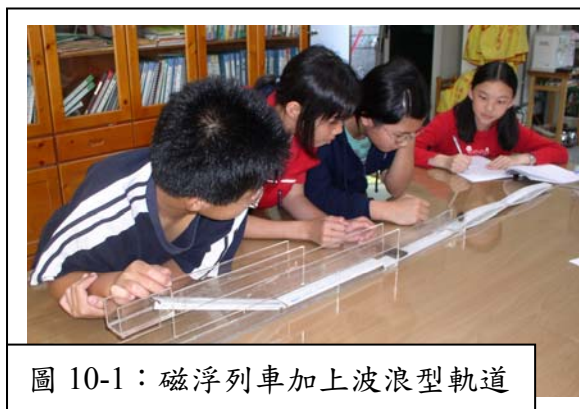


圖 10-1：磁浮列車加上波浪型軌道



圖 10-2：磁浮列車加上彎曲型軌道



圖 10-3: 磁力車會轉彎囉！

●研究結果：

(1)經過不斷的改良與創新，我們的磁力樂園(如下圖 10-4~10-7)終於完成囉！

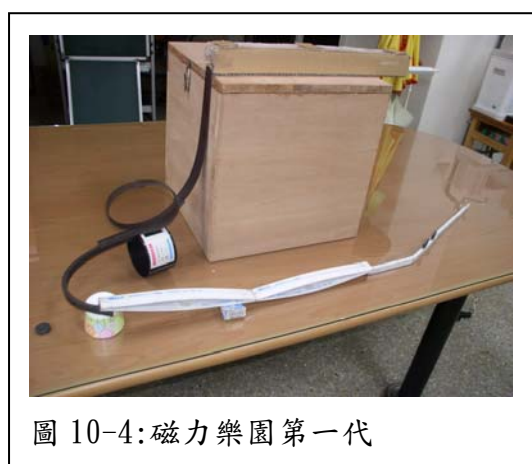


圖 10-4: 磁力樂園第一代

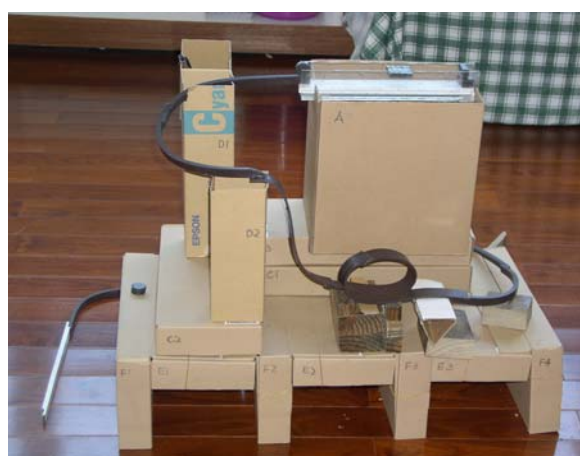


圖 10-5: 磁力樂園第二代-正面



圖 10-6: 磁力樂園第二代-俯瞰圖

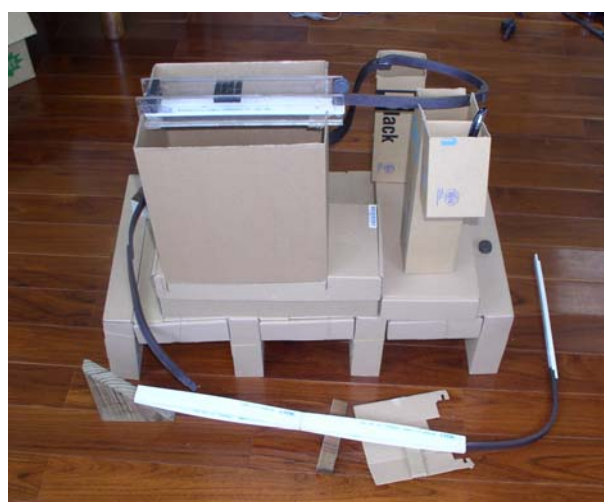


圖 10-7: 磁力樂園第二代-背面

(2)利用「立體磁力線儀」分析不同種類軌道所呈現的磁力線的結果如下：

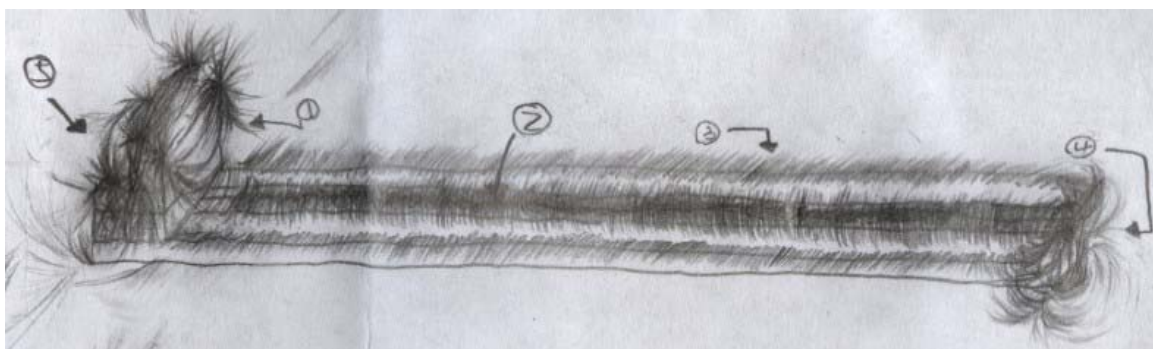


圖 10-8:磁浮軌道的磁力線分布圖

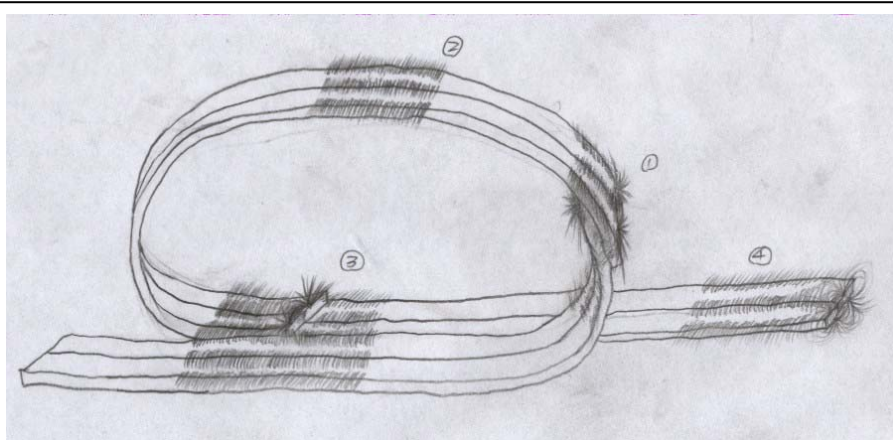


圖 10-9:繞圈圈型軌道的磁力線分布圖

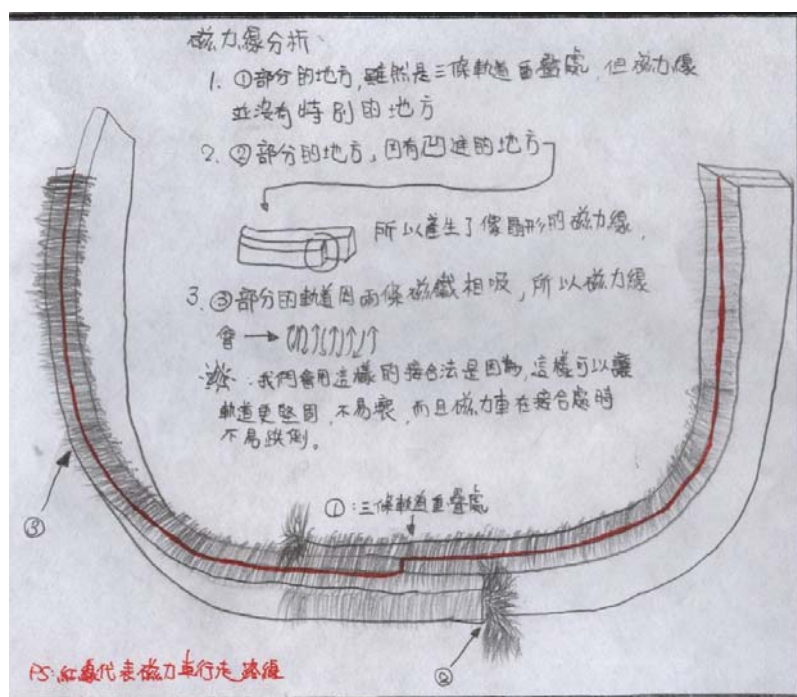
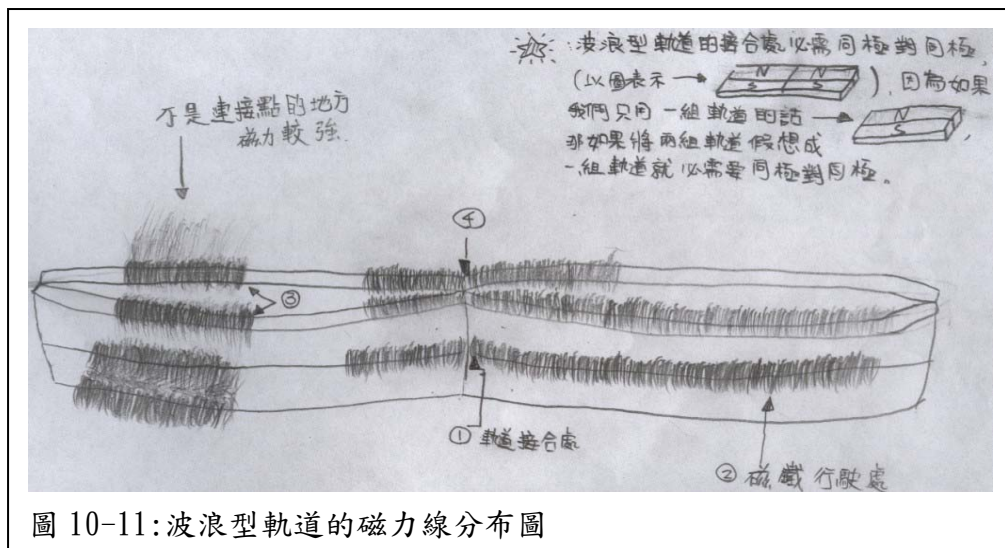
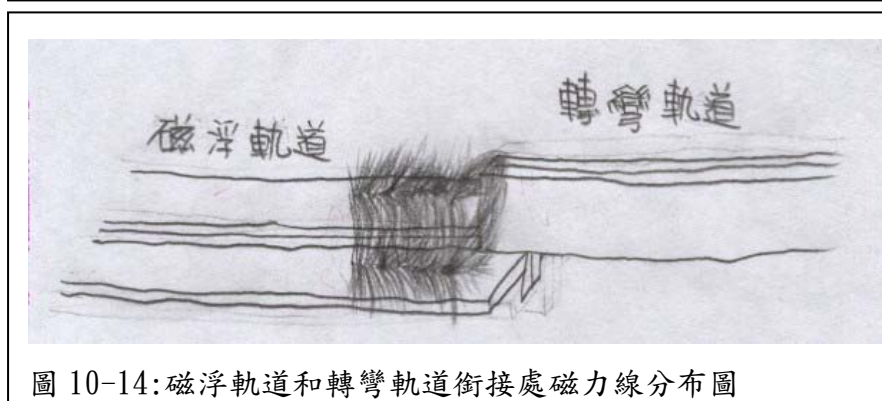
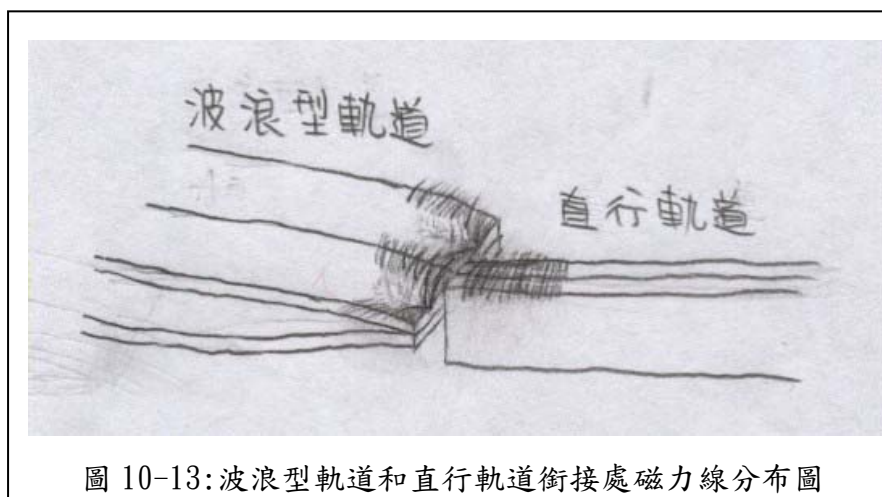
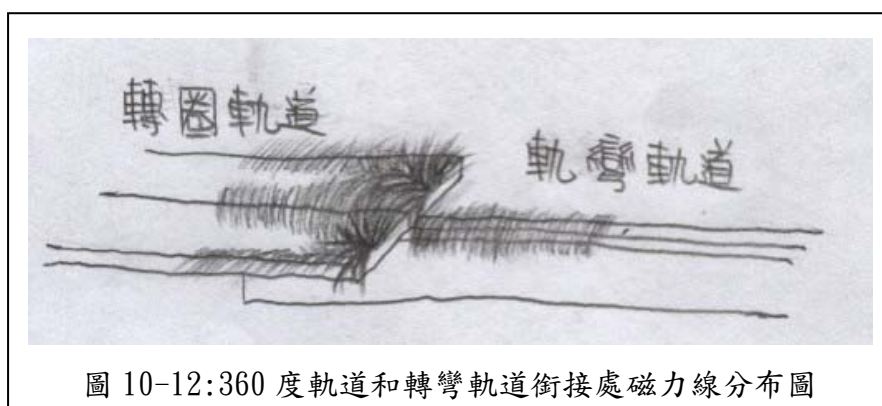


圖 10-10:轉彎軌道的磁力線分布圖



(3) 利用「立體磁力線儀」分析不同種類軌道銜接處所呈現的磁力線的結果如下：



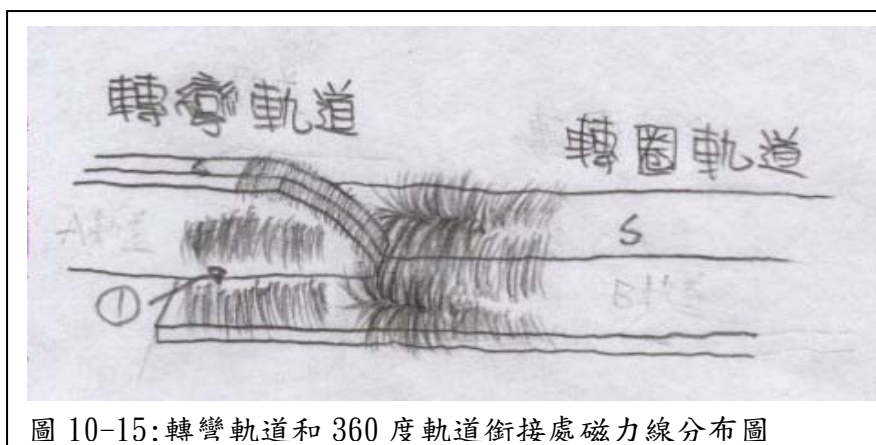


圖 10-15:轉彎軌道和 360 度軌道銜接處磁力線分布圖

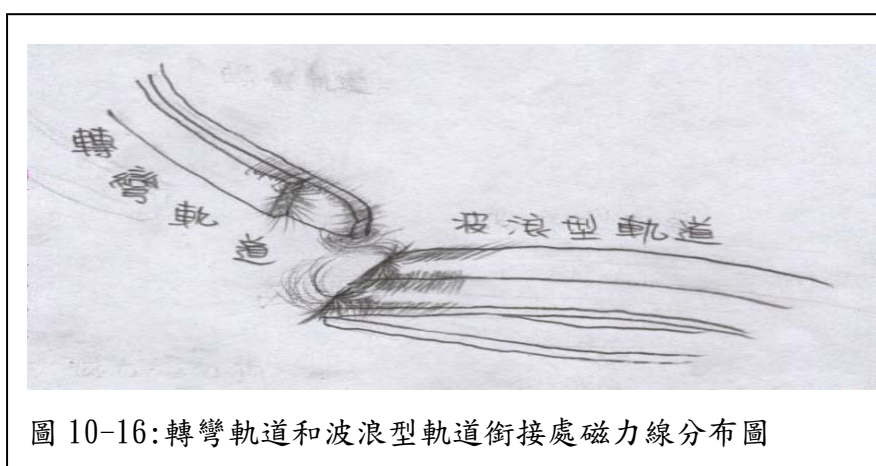
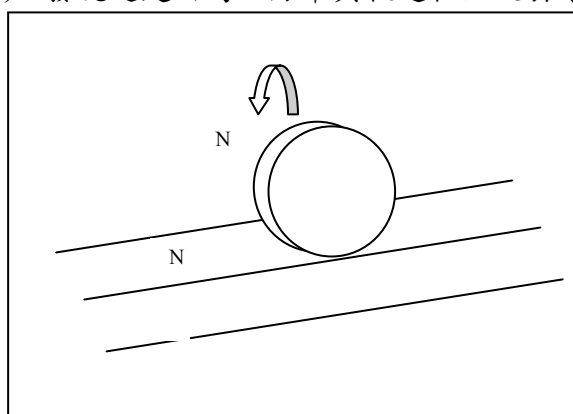


圖 10-16:轉彎軌道和波浪型軌道銜接處磁力線分布圖

●研究發現：

(1)在磁力樂園中：

- (a) 任一種軌道都須將磁力車行駛於兩條磁鐵碰觸的軌道中央，利用「立體磁力線儀」分析後(如下圖)，發現這是因為磁力車與軌道相互吸引才會自動往前行駛。



- (b) 在斜坡部分必須保持平直，磁力車才能平穩的行駛而不至於飛出跑道。
 (c) 斜坡必須高於 60 度，磁力車的衝力才能夠完成繞圈圈的部分。
 (d) 在繞圈圈的部分，圈圈的直徑不能太小，否則磁力車易被軌道吸住；但圈圈也不能太大，否則磁力車的衝力會不夠而無法行駛完全程。

- (e) 在繞圈的部分，兩個圈軌道不能太靠近，否則兩個軌道將會互相吸引不利於磁力車的行駛。
- (f) 軌道和軌道的連結處要密合，不然磁力車會被軌道吸住翻轉或是無法行駛完全程。
- (g) 所有軌道的接合處要平整，不能一邊高一邊低，否則磁力車將無法行駛完全程。
- (h) 在波浪狀軌道前必須要有一個斜坡讓磁力車滑下，這樣磁力車才有足夠的衝力行駛完波浪狀的軌道。

(2)利用「立體磁力線儀」分析各個軌道的磁力線發現:

- (a) 在磁浮軌道中，所呈現的磁力線密度很高，讓鐵沙全聚在一起，因此無法看清楚磁力線的分佈情形，但可以知道磁浮軌道的磁力很大。
- (b) 在 360 度軌道中，軌道的磁力線分布其實都一樣，只有在軌道重疊處磁力線會成發射狀。
- (c) 從軌道兩端形成圓弧狀的磁力線可以看出拼湊軌道的兩片磁鐵是鄉吸引的。
- (d) 在波浪型軌道部分(如圖 10-11)，①部分的軌道接合處的磁力線是呈現相斥的，而②部分的磁力線比①部分的磁力線密度高，③部分的磁力線是相斥的，雖然磁力線的密度高，但磁力線和磁力線之間絕不會連接在一起。
- (e) 波浪型軌道在連接處，磁力較弱，但下一段軌道的磁力較強，所以磁力車會被下一段軌道吸引過去。
- (f) 波浪型軌道的接合處必須同極對同極。
- (g) 在轉彎軌道中(如圖 10-10)，在①部分的地方，雖然是三條軌道重疊處，但磁力線並沒有特別的地方，在②部分連接的地方因有凹進的地方，所以產生了像扇型的磁力線，在③部分的軌道因兩條磁鐵相吸，所以磁力線的密度較高。使用這樣的接合法可以讓軌道更堅固，不易壞，且磁力車行使在接合處時不易倒落，以紅線代表磁力車行走路徑。

(3) 利用「立體磁力線儀」分析各個軌道銜接處的磁力線發現:

- (a) 360 度軌道的末端和直行軌道的銜接處形成相斥的磁力線(如圖 10-12)，可以推論它們是以同極連接。
- (b) 波浪型軌道的和直行軌道的銜接處形成相斥的磁力線(如圖 10-13)，可以推論它們是以同極連接。
- (c) 磁浮軌道和轉彎軌道的銜接處形成弧形磁力線(如圖 10-14)，可以推論它們是以異極連接。
- (d) 轉彎軌道和 360 度軌道的銜接處形成相斥的磁力線(如圖 10-15)，可以推論它們是以同極連接。
- (e) 轉彎軌道和波浪型軌道的銜接處形成相斥的磁力線(如圖 10-16)，可以推論它們是以同極連接。

柒、結論

1. 由實驗二得知，圓形磁鐵的直徑大小及厚度都會影響其磁力的大小；當磁鐵的直徑一樣時，磁鐵的厚度越厚則磁力越大；當磁鐵的厚度一樣時，磁鐵的直徑越大則磁力越大。
2. 由實驗二得知，當圓形磁鐵的直徑和厚度一樣時，實心的磁鐵其磁力大於空心的磁鐵。
3. 由實驗二得知，棍棒型磁鐵越長其磁力越大。
4. 由實驗三得知，磁鐵的兩端磁力較強，會吸引較多的鐵沙。
5. 由實驗三得知，一個以上的磁鐵具有同極相斥異極相吸的特性，而觀測其磁力線的分佈也具有相同的特點。
6. 由實驗三得知，「立體磁力線儀」可以改善傳統觀察磁力線的缺點，不僅可以減少鐵沙的消耗，也可以呈現立體磁力線的效果。
7. 由實驗四得知，利用圓形磁鐵當作磁力車時，只能行駛於兩條長磁鐵碰觸的軌道中央上行走，無法行駛於單一長磁鐵的中央，此時磁力車行駛的距離長達 29.5 公分。
8. 由實驗五得知，軌道銜接能延長磁力車的行駛距離；當軌道和軌道間重疊 0 公分時，磁力車行駛距離最遠。
9. 由實驗六得知，當軌道的起點形成一個角度時，磁力車可以行駛較遠的距離；當角度在 0 度至 55 度之間，角度越大，磁力車行駛的距離越遠；角度在 55 度至 80 度之間時，角度越大，行駛的距離卻變成越短；角度 85 至 90 度時，磁力車行駛距離更加固定，反而只能行駛至 60 公分的長度。。
10. 由實驗六得知，當磁力車磁力越強，行駛的距離越遠。
11. 由實驗七得知，運用軌道模型能使磁力車磁浮一定的高度，並穩定行駛；當磁力車的磁鐵數為 13 號磁鐵 4 個時，磁浮的高度最高為 1.8 公分。
12. 由實驗七得知，磁浮列車的磁鐵數與行駛的距離無法推論出規則，可能原因是由於磁浮列車出發的動力是由人力所為，其力量的大小無法準確控制。
13. 由實驗八得知，磁浮列車出發的動力可以磁鐵間的斥力取代，如此更可以準確控制每一次數據的正確性，可以改善以人力當作動力的缺失。

14. 由實驗八得知，當作動力的磁鐵數在 1 至 4 個時，磁浮列車行駛距離依序增加；由 5 增至 8 個時，行駛距離增加的幅度不明顯，但行駛得較為平穩。
15. 由實驗九得知，以斥力當作穩定的動力時，列車的磁鐵數其所對應的列車行駛距離比實驗六所得的結果數值高。
16. 由實驗九得知，當動力穩定時，列車的磁鐵數、列車的重量、行駛的穩定與否皆是影響其行駛距離的主要因素。
17. 由實驗十得知，要結合磁浮列車、斜坡、繞圈圈、波浪型的磁力樂園必須使不同的軌道要緊密結合，還要不斷的嘗試利用磁鐵的極性、角度、斜坡等使磁力車有足夠的衝力跑完各種不同的軌道。
18. 由實驗十得知，在磁力樂園中磁力線的分析發現除了磁浮軌道銜接轉彎軌道是屬於異極連接之外，其餘的轉彎軌道銜接波浪型軌道、360 度軌道銜接轉彎軌道、轉彎軌道銜接 360 度軌道或是波浪型軌道銜接直行軌道都是同極連街。

捌、參考資料

一、錄影帶

1. 自然科學科學實驗集. 7, 磁力與靜電 佐峰商社
2. 物理: 磁力學. 第 1 卷, 磁力系列-1 NHK/權威影視 /權威影視製作
3. 物理: 磁力學. 第 2 卷, 磁力系列-2 NHK/權威影視 /權威影視製作
4. 物理: 磁力學. 第 3 卷, 磁力系列-3 NHK/權威影視 /權威影視製作
5. 物理: 磁力學. 第 4 卷, 磁力系列-4 NHK/權威影視 /權威影視製作
6. 物理: 磁力學. 第 5 卷, 磁力系列-5 NHK/權威影視 /權威影視製作

二、書籍

1. 國編本自然與生活科技領域第九冊第七單元「聽話的磁鐵」
2. 國編本自然與生活科技領域第十一冊第六單元「電的使用」

三、網站

1. 磁浮火車 <http://www.hk-phy.org/articles/maglev/maglev.html>
2. 磁浮列車 http://www.rtri.or.jp/rd/maglev/html/english/maglev_frame_E.html

評 語

080116 國小組物理科 第一名

打造一個有趣的磁力樂園

1. 學童對主題了解，表達佳。
2. 研究內容充分，方法新穎有創意具應用性。
3. 實驗精神、研究態度佳。
4. 建議軌道設計可再改進。