

磁浮列車



學校名稱：聖公會(澳門)蔡高中學(小學部)

研究員：陳俊達 梁俊棋 黃麗珊

黃采瑩 黃律弦 Veronica

指導老師：何穎鏞、陳麗紅

完成日期：2013 年 5 月 24 日

目 錄

第一章 緒論

一. 研究動機	3
二. 研究目的	3
三. 待答問題	3
四. 研究方法	4
五. 研究進程	4

第二章 研究過程

4~15

第三章 研究結論與建議

16

一. 研究結論	16
二. 研究建議	16
三. 研究後感想	16-17

附錄：文獻參考

18

第一章緒論

一. 研究動機

隨著澳門的科技及經濟發展愈來愈發達，人們的生活質素提升，人們對交通運輸的需求也大幅增加。為促進澳門的交通發展，方便人們的生活，澳門在未來幾年將會興建輕軌系統，因此，激發了我們研究磁浮列車的好奇心。我們對磁浮列車深感興趣，我們想認識和了解磁浮列車的構造、運作原理、優點等。所以，藉著這次研究，希望認識更多關於磁浮列車的知識及應用。

二. 研究目的

根據上述的研究動機，我們製訂出「磁浮列車」作為研究題目，希望藉此學習磁力和電路原理，了解磁浮列車的構造及運作原理，以及提供磁浮列車行駛的動力來源，磁浮列車的優點、功效等。從而搜集物料，製造出簡單的磁浮列車模型。

三. 待答問題

1. 甚麼是磁浮列車？
2. 磁浮列車的運作原理？
3. 磁浮列車的構造？需要哪些基本材料才能構成？
4. 磁浮列車的優點？
5. 磁浮列車的速度的有多快？

四. 研究方法

本研究主要採用資料搜集法、實驗法。

五. 研究進程

12 月：搜集有關科學的資訊和話題，共同討論並訂立研究主題。

12 月至 1 月：資料及物料搜集：搜集有關磁浮列車的文字、圖片、影片等資料；

購買製造磁浮列車所需的各種材料。

2 月至 3 月：製造簡單的磁浮列車模型。

3 月至 4 月：整理實驗資料，撰寫實驗報告。

第二章 研究過程

第一節 文獻資料研究

透過互聯網，尋找關於磁浮列車的文字及圖片、影片等資料，並將資料整合，初步認識磁浮列車的定義及運作原理等。

1. 磁浮列車

磁浮列車是一種靠磁場的“同性相斥、異性相吸”的相互作用（即磁吸力和排斥力）來推動的列車。最早由美國火箭工程師(RobertGoddard)提出，距今已有近百年的歷史。磁浮列車從原理上可分為兩類：一種是電磁型；一種是電動型。電磁型系統利用常規的電磁鐵與一般鐵性物質相吸引的基本原理，把列車吸引上來，使列車懸空運行；電動型系統用超導的磁浮原理，使車輪和鋼軌之間產生排斥力，使列車懸空運行。

由於軌道的磁力使磁浮列車懸浮在空中，行走時不需接觸地面，因此阻力只有空氣的阻力。磁浮列車的最高時速可以達每小時 550 公里以上，比輪軌高速列車還要快，因此在長距離運輸也可成為航空的競爭對手。

2. 正負極：

「正負極」，即「南北極」，是指磁場進入或離開磁性物體的區域。磁極分為南、北兩種，根據約定，磁場（磁力線）從北極離開磁體，從南極進入。磁極遵守「同極相斥，異極相吸」的定律。

3. 磁場：

「磁場」即磁力作用的空間，即在某範圍內能與其他的磁性物質產生相互作用。「磁場強度」，亦稱為「磁化力」，即單位正極在磁場內所受力的作用大小，單位為奧斯特(Oersted)，一奧斯特相當作用於一單位磁極產生一達因(Dyne)作用力的磁場強度，也有以「安培」表示。

描繪磁場時，可以「磁力線」來表示，「磁力線」為單位磁分子在磁場中受磁力運動之軌跡，一條磁力線稱為一馬克斯威爾(Maxwell)，其具有下列特性：

- (1)磁力線為封閉曲線，在磁鐵內由 S 極往 N 極，磁鐵外由 N 極歸向 S 極。
- (2)磁力線不相交，互相排斥。
- (3)線上某點的切線方向，即為該點的磁場方向。

文獻探討

a. 認識磁浮列車歷史

1934 年：德國工程師赫爾曼·肯佩爾獲得製造磁懸浮鐵路的基本專利。

1969 年：高效高速鐵道研究所接受聯邦交通部長的委託，開始進行開發和應用高效高速鐵道的研究。克勞斯－馬菲公司製造出電磁懸浮模型 TR01。

1971~1974 年：先後製造了 TR02、TR03、TR04 號試驗車。

1976 年：世界上第一台用長定子電磁行車技術的載人試驗車 HMB2，在蒂森·亨舍爾公司投入運行。

1979 年：在漢堡的國際交通展覽會上展出 TR05 號並引起轟動。

1980 年：開始建造 TR06 號。

1987 年：埃姆斯蘭磁懸浮高速列車試驗基地建設完工並投入使用。

1988 年：在慕尼黑的國際交通展覽會上展出 TR07 號。

1999 年：1999 年 4 月日本磁浮列車 MLX01 創下載人時速 552 公里的新紀錄。

磁懸浮技術的研究源於德國，早在 1922 年德國工程師赫爾曼·肯佩爾就提出了電磁懸浮原理，並於 1934 年申請了磁懸浮列車的專利。根據同極相斥異極相吸的原理進行牽引。在肯佩爾的主持下，經過漫長的研究，德國於 1971 年造出了世界上第一台功能較強的磁浮列車。

進入 70 年代以後，隨著世界工業化國家經濟實力的不斷加強，為提高交通運輸能力以適應其經濟發展的需要，德國、日本、美國、加拿大、法國、英國等已開發國家相繼開始籌劃進行磁懸浮運輸系統的開發。而美國和前蘇聯則分別在七八十年代放棄了這項研究計劃，目前只有德國和日本仍在繼續進行磁懸浮系統的研究，並均取得了令世人矚目的進展。德國曾在 80 年代於柏林鋪設磁懸浮列車系統。該系統設有三個車站，長

度 1.6 公里，用的是無人駕駛列車，於 1989 年 8 月開始試驗載客，2000 年，中國西南交通大學磁浮列車與磁浮技術研究所研製成功世界首輛高溫超導載人磁懸浮實驗車。

磁浮列車是利用強力磁鐵，因為車廂與車軌靠著彼此相互的排斥作用，讓車廂懸浮在軌道上。其推力由軌道內延伸的直線電動機產生，因此列車行駛平順且低摩擦，使其行進速度快速且沒有廢氣或噪音污染，符合環保觀念，被稱為「綠色交通工具」。1987 年，日本磁浮列車在搭載乘客的情況下最高時速達 400 公里。1996 年日本山梨線開通，全程 40 公里，時速可達 500 公里以上。目前德、法、韓、俄各國都在努力研發中。中國上海市浦東國際機場到市區於 2003 年由德國 Transrapid 公司協助建造了一段長 33 公里的「上海磁浮列車線」，時速最高可達 430 公里，平均用 234 公里的速度，約 8 分鐘可抵達，工資耗費約 100 億人民幣，但使中國的交通史發展有了最新科技的突破。



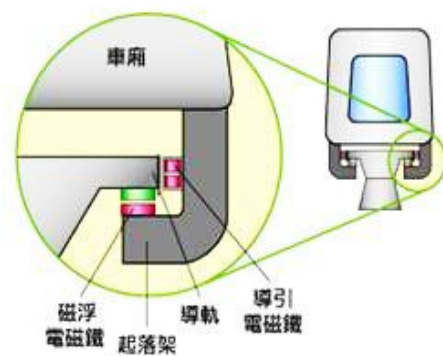
b. 磁浮列
類

車的種

磁浮列車按懸浮方式又分為常導型及超導型兩種。常導磁浮列車由車上常導電流產生電磁吸引力，吸引軌道下方的導磁體，使列車浮起。常導型技術比較簡單，由於產生的電磁吸引力相對較小，列車懸浮高度只有 8 到 10 毫米。這種車以德國的 TR 型磁浮列車為代表。超導磁浮列車由車上強大的超導電流產生極強的電磁場，可使列車懸浮高達 100 毫米。超導技術相當複雜，並需屏蔽發散的強磁場。這種車以日本山梨線的 MLX 型車為代表。

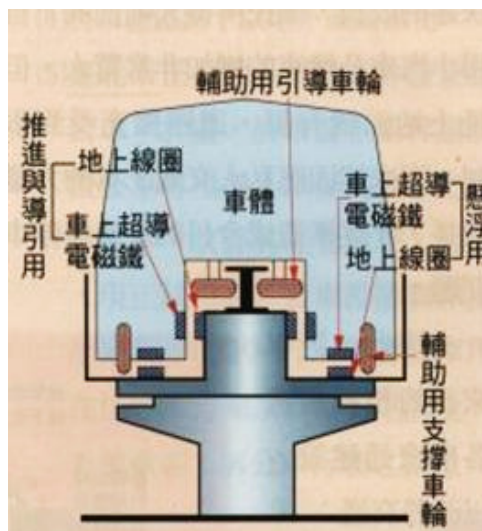
1. 吸引型磁浮列車：

德國高速運輸系統所採用，利用了「電磁力懸浮法」(EMS)把火車浮起。



2. 排斥型磁浮列車：

日本磁浮列車所採用，利用了「電動力懸浮法」(EDS)把火車浮起。



c. 磁浮列車的原理

磁浮列車能浮起來就是利用永久磁鐵或電磁鐵「異極會相吸，同極會相斥」的原理。而車體的重量並不輕，車上及軌道上的磁力必須要很強，因此搭配使用永久磁鐵和電磁鐵，除了可增強磁性之外還可以節省一部分的電力。

d. 磁浮列車的動力來源

磁浮列車採用「線性馬達」作為推進系統。線性馬達即將馬達與直線動作機構結合為一體。線性馬達將原來普通馬達轉動的力量轉換為直線移動的力量。同樣利用磁力的排斥力與吸引力，使得浮在軌道上的列車能向前推進，由於車體與軌道間沒有摩擦力，能量不會因此而消耗。

e. 磁浮列車的優缺點

➤ 優點

高速、安全、平穩、噪音小、無污染、低耗能、使用壽命長、維護費用低。

磁浮列車的優點較多，例如運行平穩，舒適性好；安全性高；速度調節範圍寬，可適用於不同的距離和不同的要求；噪聲小，既無鐵軌與車輪的摩擦噪聲，又無傳動和滾動噪聲；維護費用低，因為平時由計算機對電力和電子設備進行檢測，不需要一般火車的機械等例行檢修。

磁浮列車的路軌壽命是 80 年，而輪軌列車的鋼軌和地基壽命是 60 年；磁浮列車車輛壽命是 35 年，而輪軌列車車輛壽命是 20~25 年。所以磁浮高速列車的運行和維修的成本約是輪軌高速列車的 $1/4$ 。

➤ 缺點

造費高、強磁場、懸浮高度低。修建磁浮鐵路和製造磁浮列車的初投經費高。

f. 磁浮列車的未來發展

目前，德國、日本、英國、韓國和俄羅斯都已研製成功磁懸浮列車（主要使用常規磁體）。而更令人驚訝的是，美國正在研製一種在地下真空隧道裡飛馳的磁懸浮超音速列車。這種名為“行星”的列車最高時速可達 22500 公里／時，為音速的 20 倍。

專家們還認為，在二十一世紀裡，水下的磁懸浮列車將出現，並會成為一種時髦的交通工具。按現在的科技水平來說，製造水下列車已沒有任何技術障礙了。屆時，人們可以乘坐這種高速列車在水底遨遊觀光。

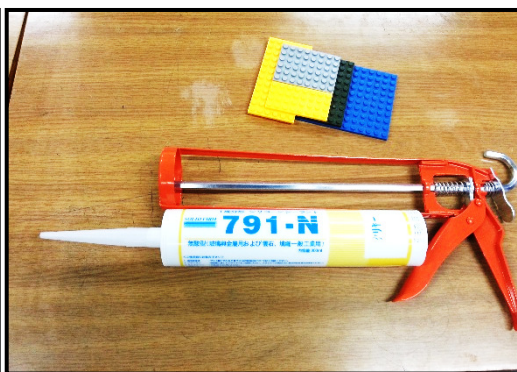
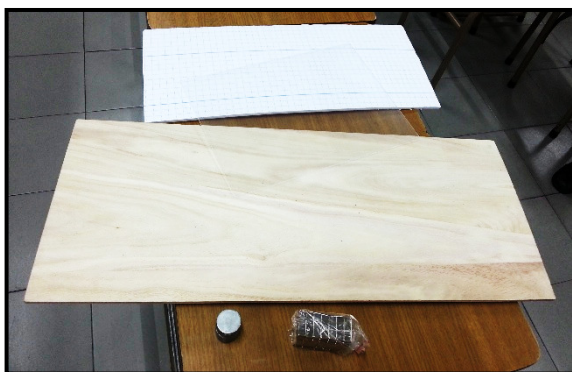
最近新聞報導指出，中共中央已批准第一個低速磁浮列車試驗項目在上海動工興建。低速磁浮列車採用高架形式，是一種載客的快速客運系統，此項目所需技術、設備、車廂等，全由中國自行研發。專家表示，低速磁浮列車節能環保，噪音遠低於高速磁浮列車，適合在人群密集的地區使用，且速度快於輕軌，速度接近每小時 100 公里。

第二節 實驗研究

根據互聯網上磁浮列車的資料，設定目標，列出製作磁浮列車所需的各種材料清單。從文具店、五金鋪、電氣店等各種途徑搜集物料。

一、 製作磁浮列車所需的材料清單：

物料名稱	作用
厚身木板	作為底座
珍珠板	鋪在軌道中央隔開磁鐵
強力磁鐵（長方形及圓形）	軌道（長方形）車底的磁鐵（圓形）
硬的透明膠板	軌道兩側的牆壁
螺旋槳	提供動力，推動磁浮列車前進
樂高（積木）	作為車身
電池及電池盒	提供動力，使螺旋槳轉動
馬達	提供動力，使螺旋槳轉動
焊錫	焊接電線
玻璃膠	固定強力磁鐵及硬的膠板



二、 製造磁浮列車步驟：

1. 根據磁浮列車的資料，共同討論並設計出基本的軌道和列車的樣式，畫出實驗的草圖，並具體畫出磁鐵的位置及方向。(圖 1、圖 2、圖 3)

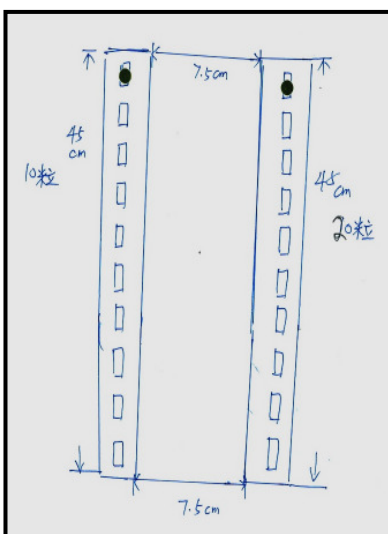
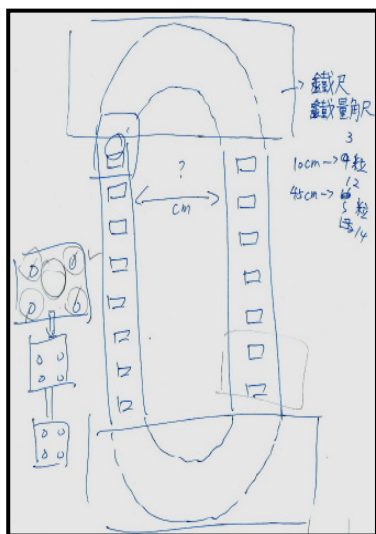


圖 2

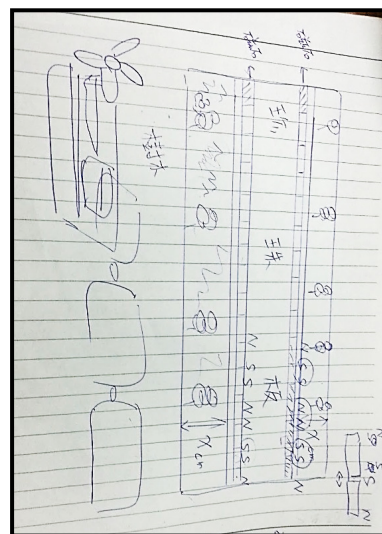


圖 3

- a. 在厚木板上畫好軌道及距離，並逐一畫出每粒磁鐵的位置，確保磁力平均。
- b. 用玻璃膠固定強力磁鐵，使相鄰的每兩粒磁鐵以 $\boxed{N\ S}\ \boxed{S\ N}\ \boxed{N\ S}\ \dots\dots$ 的方式排列，相鄰的兩粒磁鐵之間的距離是 5mm。(圖 4, 5)
- c. 左右兩排磁鐵中間用珍珠板隔開。
- d. 軌道旁的牆壁採用較硬且較厚的透明膠片，並用玻璃膠固定，防止牆壁過分靠近列車，阻礙列車前進。

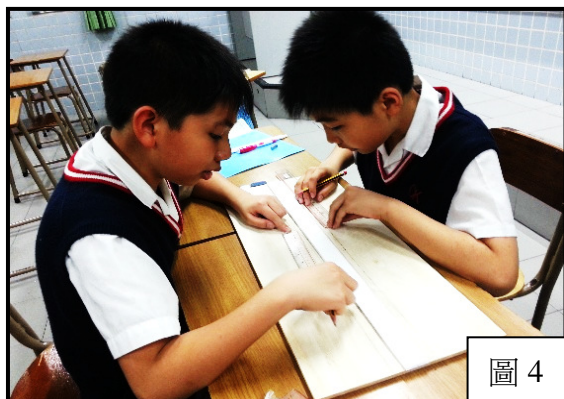


圖 4



圖 5

2. 完成軌道後，畫出列車

的草圖，標示出電池及馬達、

螺旋槳的位置，用樂高堆砌出列車。

列車的設計草圖：我們決定用較輕的樂高積木做為材料。將列車砌成長方形，在車身放上電池及馬達、螺旋槳，車底的前後兩側各固定一粒圓形的磁鐵。

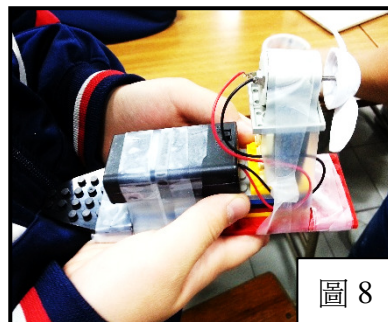
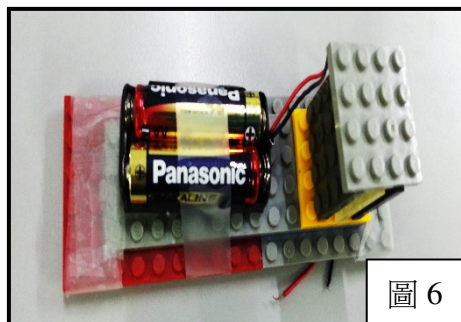
列車正面：底座用樂高堆砌，上面放上電池、馬達及螺旋槳。



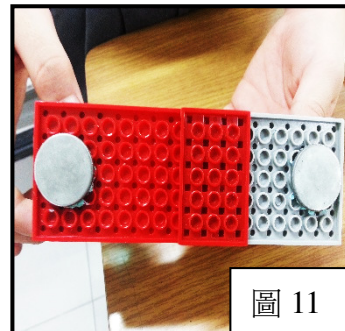
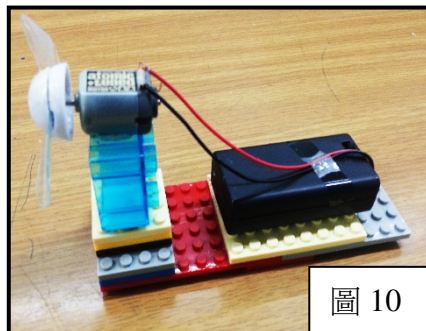
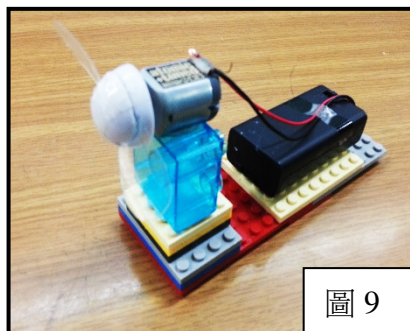
列車反面：底座前後各貼上一粒圓形磁石。



第一次製造的列車模型：(圖 6，7，8)



第二次製造的列車模型：(圖 9，10，11)



3. 用硬的透明膠板作為軌道兩側的牆壁，固定在軌道兩旁。(圖 12)



為保持牆壁的穩定和距離，最後用玻璃膠固定，並在外圍加上少量積木穩固。

圖 12

完成的軌道和牆壁：(圖 13，14)



圖 13

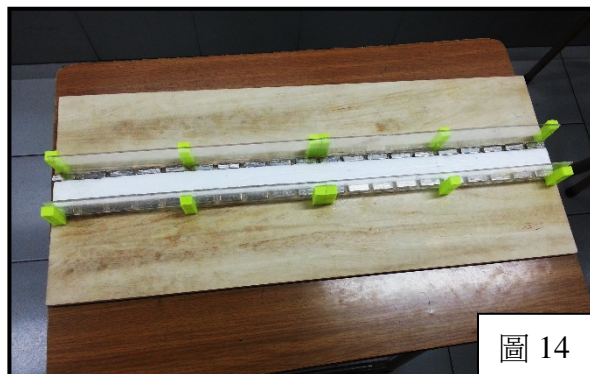


圖 14

4. 將列車放在軌道上，開動電源，利用磁浮原理及螺旋槳的風力推動列車懸浮並前進。(圖 15，16，17)

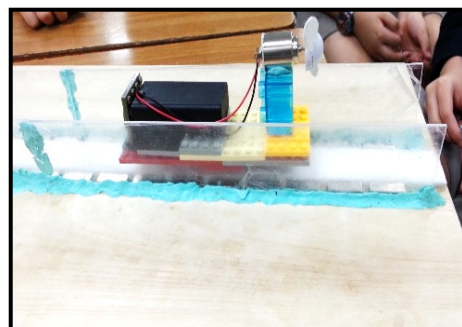


圖 17

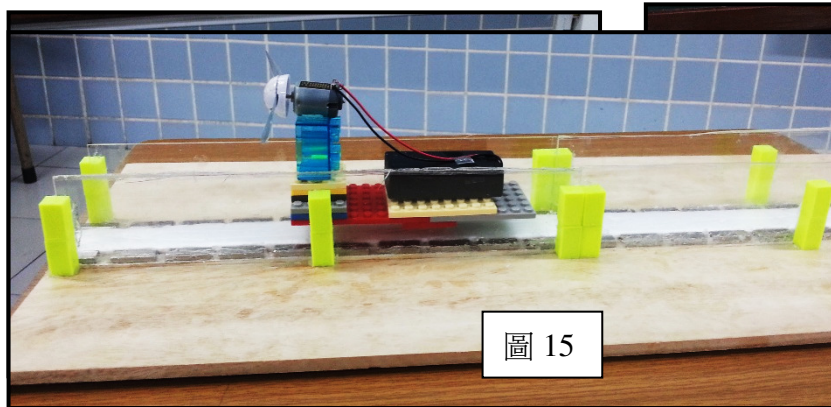


圖 15

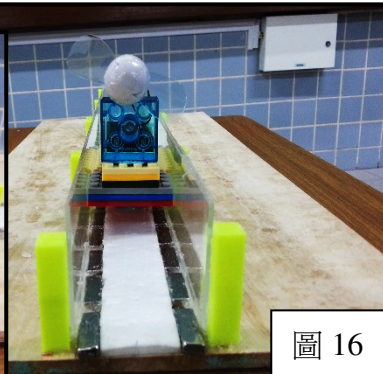


圖 16

三、 實驗過程遇到的困難

1. 強力磁鐵的磁力過強，磁鐵一靠近就迅速碰撞在一起，造成磁鐵的磨損，甚至撞碎。

磁鐵一旦撞碎就會失效，不能再使用。

2. 一開始我們用雙面膠紙將長方形磁鐵貼在鐵尺上，但雙面膠紙的黏力較差，難以將磁鐵一一固定貼好。

3. 一開始列車可以懸浮，但一旦稍為前進就會立即令整部列車反轉。列車會向軌道某一側貼住。

4. 螺旋槳和電池已連接，但風力不夠強，不能推動列車前進。

解決措施：

1. 反覆將磁石貼在鐵尺上達不到預期的效果，我們決定不再使用鐵尺。

2. 改用厚木板做為底版，並在兩條磁鐵中間用珍珠板隔開，防止磁鐵吸在一起。

3. 為了防止列車懸浮得不平衡，加上了硬的透明膠板做為列車的牆壁。

4. 重新調整螺旋槳的位置，用更多的樂高將螺旋槳墊高。更改電池的強度，採用更強力的電池，更換螺旋槳的葉片，以產生更大的風力。

最終完成的軌道和列車模型：



四、實驗總結

1. 關於磁石和磁性：一開始我們已經無法從文具店買到整條的強力磁鐵，因此老師特地到大陸去買強力磁鐵，但強力磁鐵的磁力真的遠比我們想像中強太多，我們多次在實驗中因磁鐵互相碰撞，而不小心夾住手指或令磁鐵撞碎。被撞碎的磁鐵失去了磁力，老師們又要再次到大陸買新的磁鐵。我們對磁石的威力記憶猶新，因此體會到我們不能夠玩磁石，尤其是強力磁鐵，在固定磁鐵時也應時刻保持小心、謹慎。
2. 關於軌道的磁石：我們經過多次試驗，了解到磁石必須以 $\boxed{N} \boxed{S} \boxed{S} \boxed{N} \boxed{N} \boxed{S} \cdots$ 的方式排列，相鄰的每兩粒磁石間也必須保持 5mm 左右的距離，才能令磁力的分布平均。
3. 關於軌道的牆壁：牆壁與車身必須保留 1~2mm 的距離，才能保持車身順暢地前進。
4. 關於螺旋槳和馬達：一開始使用的螺旋槳葉片是彩麗皮，所以速度不夠快，後來我們改用自製的膠片代替彩麗皮，風速變快了；一開始用普通迷你風扇的馬達，但風力不夠大，後來我們改用玩具四驅車馬達，動力增強了，風扇轉動的速度快了許多，風力足以推進車身前進。

第三章 研究結論與建議

一、研究結論

通過本次的研究探索，我們了解到磁浮列車的相關知識及運作原理，認識了製造磁浮列車所需的工具。經過多次實驗失敗，總結到製造磁浮列車需要確保軌道、列車、牆壁、螺旋槳與馬達等材料的合理配置，才能成功令磁浮列車懸浮並前進。

二、研究建議

1. 其實製造軌道是很困難的，需要很多細心的設計和謹慎地將每粒磁鐵固定在軌道上，如果能買到一整條的強力磁鐵，就可以省下許多功夫。固定磁鐵時用玻璃膠的好處是即使磁鐵黏錯位置也能立即改動，但如果使用一次性的強力膠水(超能膠)，黏錯位置就改動不了。

2. 軌道旁的牆壁與軌道之間的距離必須保持 1~2mm 左右，太遠或太近都會影響到列車的前進。螺旋槳的位置也很重要，盡量將螺旋槳提高可以使風力更順暢的促進列車前進。因此選擇合適的電池及螺旋槳可以有效幫助推動列車前進。

三、研究員感想

 Veronica	通過這份報告，我學到了很多東西，我對磁浮列車充滿好奇，我沒有想到我們可以親自製造磁浮列車模型，但在實驗過程中我們經歷了許多次的失敗，我們做了很多次，最後終於成功了，我很開心。
 陳俊達	在這次的研究中，我體會到甚麼是「團體精神」，也令我明白到磁浮原理。在探究過程中，我們雖然遇上不少的問題，但還是一一克服了。雖然在搜集資料和做實驗的過程中遇到不少困難，從最初的實驗中未能成功，期間透過不同方法的嘗試，直到最後取得初步的成功。
 梁俊棋	在整個研究的過程中，我學會了很多東西，明白了磁力對我們的的重要。這次動手做研究使我學會了磁浮列車的原理，令我獲益良多。但當中也有令我苦惱的事，例如：我們花了不少時間搜集資料和做磁鐵路軌，我曾經幾次被強力磁鐵互相碰撞時而夾了手指，真是一次難忘的經驗。

 黃采瑩	在這次研究活動中，我學了很多知識，但也遇到困難，例如：怎樣把排斥的磁石黏在一起。當愈來愈接近成功，我就愈來愈緊張。磁浮知識都是我透過這次的活動而學到的；如果沒有這次機會，我可能不會在課餘時間中，能學到這麼豐富多樣的知識。
 黃律弦	我覺得這次的研究十分有趣，我在做磁鐵路軌過程中常常弄到一些磁鐵黏在一起，經過多次要嘗試才明白當中的原理。透過這次「動手做研究」令我明白了合作的重要性。若我們在搜集資料和做實驗時不互相合作，堅持己見，這樣就會沒有辦法做好一份報告。我也明白了面對困難或失敗時，只要堅持不懈，總會有成功的一日。
 黃麗珊	在這次研究中，我遇上很多次的失敗，但我都沒有放棄。記得有一次我把磁石貼在木板的路軌，起初磁鐵常常黏在一起，經過我多次嘗試才完成，令我明白做事要堅持，才會有成功的機會。通過這次的也研究增加了我對科學的興趣，我十分多謝老師這麼用心的教導我，使我獲益良多。

李湘荃。(民 92 年 1 月 3 日)。上海磁浮列車試運行。
北京青年報交通運輸的大變革—磁浮列車

Yahoo 奇摩知識家。2009 年 10 月 27 日，
(<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1205072402725>)

宋慶璋 簡易磁浮列車(web. ffjh. tyc. edu. tw/sung/磁浮列車.htm)

<http://www.phy.cuhk.edu.hk/phyworld/articles/maglev/maglev.html>

<http://win2k.klgsh.kl.edu.tw/ftp/root/s93105/train2.htm>

<http://www.c-km.org.tw/Studentscope/introduct2/%E7%A3%81%E6%B5>