

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

佳作

081524

小小鐵片作用大

學校名稱：臺北市北投區石牌國民小學

作者： 小四 潘祈庭 小四 江維祥 小四 阮楷博 小四 吳秉穎 小四 陳虹樺	指導老師： 李珍容 陳瓊惇
---	-------------------------

關鍵詞：磁鐵旁邊的鐵片、被吸的鐵片

作品名稱：小小鐵片作用大

壹、摘要

在磁鐵的兩邊分別加上鐵片，可以增強吸力。這個現象，引起我們許多疑惑，而進行研究。爲了測量磁鐵的吸力，我們經過許多困難，製作「槓桿實驗器」，使實驗順利進行。在研究過程中，我們研究鐵片要附加在磁鐵哪一邊磁力最強，及磁力增强的原因。再研究鐵片的長度、面積及厚度等因素對於磁力的影響，都有許多新的發現。最後，根據研究的心得，用一塊小磁鐵製作一個很強的磁力裝置，可以懸掛兩個同學的重量還不會拉開。這個磁力裝置的做法，還可以給建築大廈的工地做參考，爲鋼架上的工人，設計一個保護生命的安全裝置。

貳、研究動機

三年級自然與生活科技曾上過「磁力玩具」的單元。上課時，課本上有個遊戲是在磁鐵兩邊分別附加一小塊鐵片，試試磁力大小會不會改變。這個小小的試驗，讓我心裡非常驚訝，沒想到只是小小的鐵片，卻能使磁力大大的增強。那麼，磁力到底能增強多少倍呢？爲什麼會增強呢？怎麼做磁力最強呢？之前學校蓋新大樓的時候，工地的鋼架上有許多工人在上面走動和做事，好像很危險，我們能利用這原理製作一個磁力裝置，吸在鋼架上保護工人的安全嗎？我心裡產生了許多疑問，升上四年級時老師鼓勵我們對於自己有興趣的科學問題加以研究，於是我就和幾位同學合作，把存在心裡的這個問題來進行詳細的探討實驗。

相關教學單元：自然與生活科技（三上）第二單元 磁力玩具

參、研究目的

- 一、 探討磁鐵兩邊附加鐵片，怎樣放可以增加磁力。
- 二、 探討磁鐵兩邊附加鐵片，爲什麼能增加磁力。
- 三、 探討附加鐵片長度、面積、厚度等因素對磁力的影響。
- 四、 製作一個磁力強大的磁力裝置。

研究架構

疑惑的問題

1. 磁鐵兩邊附加的鐵片，怎樣放可以增加磁力？
2. 磁鐵旁邊附加鐵片時，吸力為什麼會增強？
3. 附加鐵片的長度、面積、厚度等，會影響磁鐵的吸力嗎？
4. 能利用這原理製作一個磁力裝置，懸掛一個人的重量嗎？

尋找參考資料

設計製作實驗器材

不理想，需改進

還是不好，再改進

1.天平式實驗器

2.有虎鉗的槓桿實驗器

3.槓桿實驗器完成

進行實驗

1. 探討磁鐵兩邊附加鐵片，怎樣放可以增加磁力。
2. 探討磁鐵兩邊附加鐵片，為什麼能增加磁力。
3. 探討鐵片長度、面積、厚度等因素對磁力的影響。

根據實驗心得設計製作「磁力裝置」

試用及改進

「磁力裝置」的完成

肆、研究設備及器材

一、主要的研究設備是一台自製的槓桿實驗器（圖 1）

槓桿實驗器的左邊是要把磁鐵和鐵片一起夾緊，上面懸掛一塊被吸住的鐵片。槓桿實驗器的右邊用彈簧秤向下拉，測量把被吸在磁鐵上的鐵片拉開要用多少力。由於槓桿上，右邊施力臂是左邊抗力臂的五倍，所以測量得到的結果要乘以五。

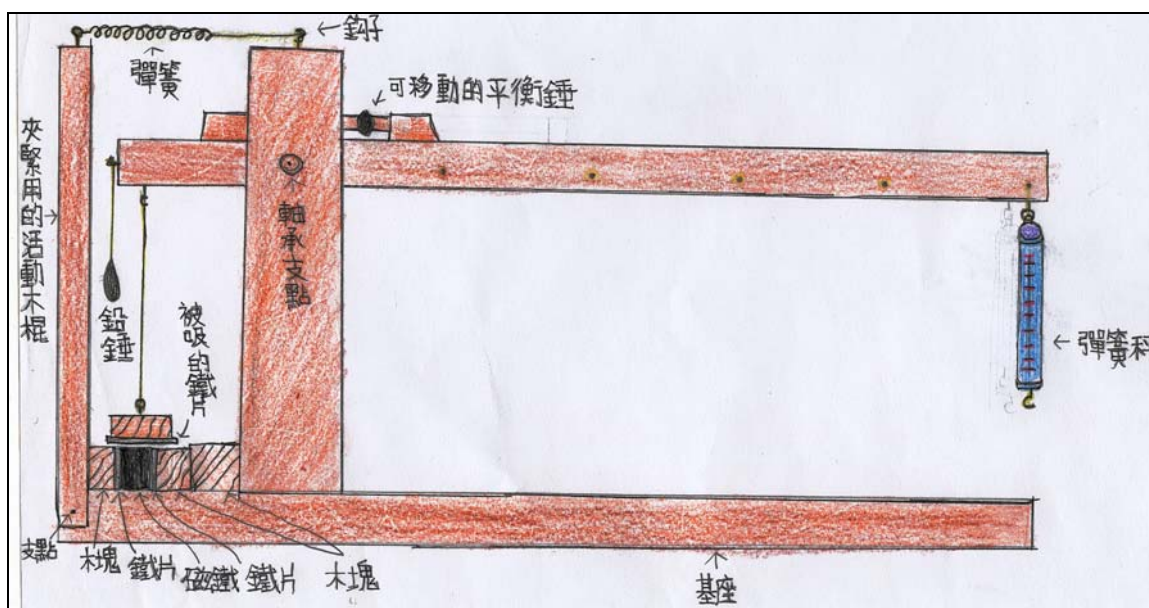


圖 1、槓桿實驗器說明圖

二、除了槓桿實驗器之外，還有其他器材

- (一) 測試用的磁鐵三塊（長寬相同，厚度不同），製作「磁力裝置」用的磁鐵一塊
- (二) 觀察磁力線的鐵粉
- (三) 改變長度用的鐵片三組
- (四) 改變面積用的鐵片三組
- (五) 改變厚度用的鐵片五組
- (六) 製作磁力裝置用的鐵塊一組
- (七) 不同厚度的木塊數塊

伍、研究過程及方法

一、實驗器材的製作

(一) 自製天平式的實驗器 (圖 2)

開始的時候，我們設計一個天平式的實驗器，在左邊固定磁鐵和鐵片，用手捏住，在右邊掛塑膠瓶，在塑膠瓶裡放進物品，等到鐵片拉開後，測量物品的重量。

但是，實作後發現兩個問題：

- 1、要把鐵片拉開的力很大，右邊放很多物品還是無法把鐵片拉開。
- 2、左邊要很大的力才能把磁鐵和鐵片捏住。



圖 2、天平式實驗器

(二) 有虎鉗的槓桿實驗器 (圖 3)

怎樣可以使用較小的力把鐵片拉開呢？我們在圖書室的兒童科學書籍看到槓桿原理的應用。哈！有了，我們可以利用槓桿原理，把掛物品的一邊伸長，就可以省力了。至於，怎樣把鐵片和磁鐵夾緊呢？不妨向老師借實驗室裡的虎鉗來用，應該可以夾得夠緊了。

但實作後發現，用虎鉗夾的時候，把被吸的鐵片拉開所需的力比較小。用手捏住磁鐵和鐵片時，把被吸的鐵片拉開所需的力比較大。可見使用鐵製的虎鉗會使實驗不準確。



圖 3、有虎鉗的槓桿實驗器

(三) 槓桿實驗器的完成 (圖 4)

要怎樣把磁鐵和鐵片夾緊呢？我們商量許多次，想到一個辦法，還是使用槓桿原理。在磁鐵和鐵片旁邊墊上木塊，確定位置後，用木棍夾緊，木棍下面有支點，上面用彈簧拉緊後鉤住，這樣就可以夾得很緊了。

右邊因為要掛幾公斤的物品很不方便。所以向自然科實驗教室借彈簧秤來使用，比掛許多物品方便多了，這樣才完成我們的槓桿實驗器。

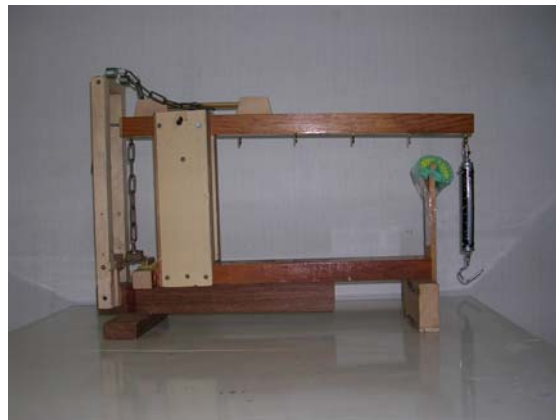


圖 4、槓桿實驗器完成了

(四) 槓桿實驗器的使用方法與步驟 (圖 5)

- 1、先調整可移動的平衡錘，使槓桿實驗器兩邊平衡。
- 2、把鐵片附在磁鐵兩邊，吸住被吸鐵片的垂直下方。
- 3、選擇適當厚度的木塊墊在鐵片旁邊。
- 4、用夾緊用的的活動木棍，夾緊磁鐵和鐵片，上面的彈簧拉緊鉤在鉤子上。
- 5、把彈簧秤向下拉，注意觀察指針，到鐵片拉開時，看指出多少拉力，再乘以五，就是拉開所需的力。



步驟 1



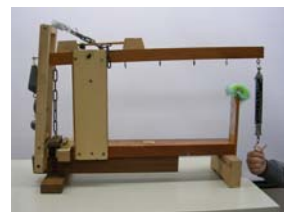
步驟 2



步驟 3



步驟 4



步驟 5

圖 5、槓桿實驗器的使用方法

(五) 槓桿實驗器的測試：製作過程已經注意右邊的施力臂是左邊抗力臂的 5 倍。製作完成，先在左邊掛 50 克砝碼使槓桿左邊向下垂，然後在右邊掛 10 克砝碼剛好平衡。表示準確性良好。

二、探討磁鐵兩邊鐵片怎樣放，可以增加磁力。

(一) 先分別測量三個磁鐵沒有附加鐵片時，南、北極的吸力及兩側的吸力是多少。

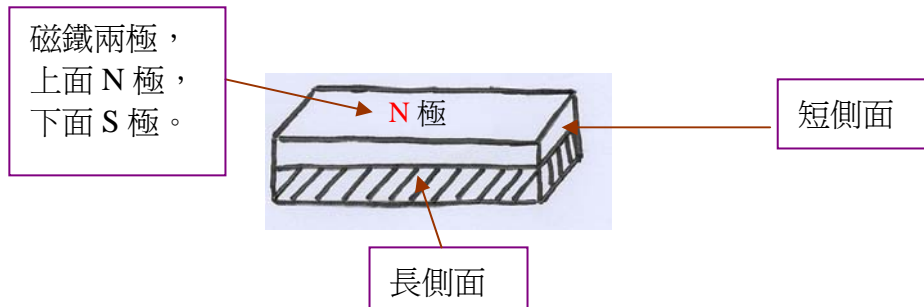


圖 6、磁鐵兩極和側面的位置

* 被吸鐵片厚度：0.2 公分

* 測量三次平均值，結果：

鐵片吸住的位置		北極	南極	長側面	短側面
拉開的力 (公斤)	1 號磁鐵	1.8	1.7	0.8	0.5
	2 號磁鐵	0.6	0.7	0.5	0.3
	3 號磁鐵	0.3	0.3	0.2	0.1

發現：

- 1、磁鐵的南極和北極吸力最強，其次是長側面，最弱的是短側面。
- 2、磁鐵的南極和北極吸力不一定相等。

(二) 在磁鐵的相對兩邊附加鐵片，再去吸被吸的鐵片，然後測量將鐵片拉開的力。

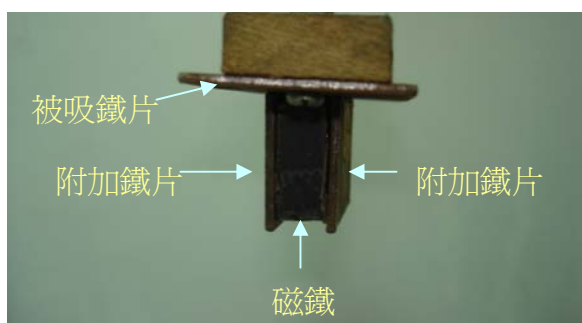


圖 7、附加鐵片的放置法

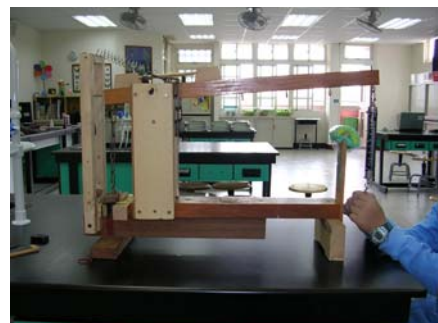


圖 8、測量將鐵片拉開的力

* 附加的鐵片和被吸鐵片都是厚度 0.2 公分

* 測量三次平均值，結果：

兩個鐵片附加的位置		兩個鐵片附加在南極和北極	兩個鐵片附加在長側面	兩個鐵片附加在短側面
拉開的力 (公斤)	1 號磁鐵	18.5	5.5	2.5
	2 號磁鐵	11.5	2.5	1.5
	3 號磁鐵	8.5	1.6	0.8

發現：把鐵片附加在磁鐵的南極和北極，吸力增強較多，達到 10 倍以上；把鐵片附加在側面，吸力增強較少。

三、探討磁鐵旁邊附加鐵片，為什麼能增強磁力。

為什麼在磁鐵的南北極附加鐵片，再去吸另一塊鐵片磁力會這麼強呢？我們想到上課時，曾經用鐵粉觀察磁力線，就用這方法來觀察看看吧！

觀察結果：

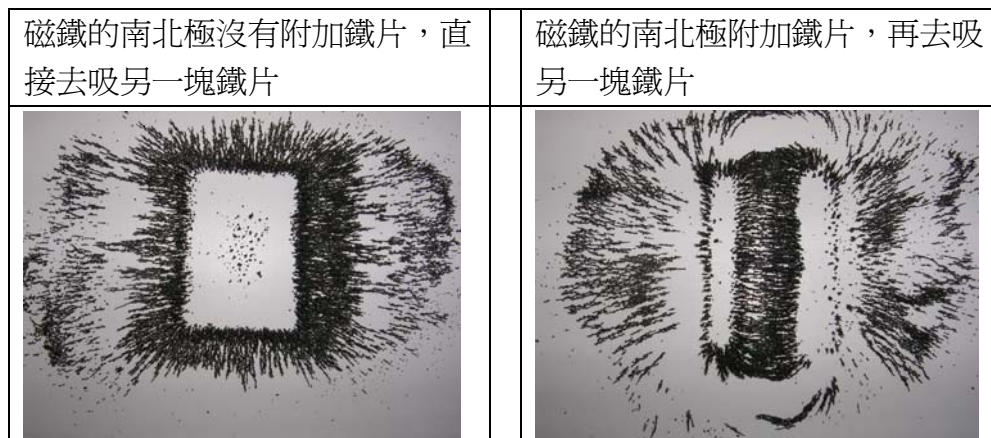


圖 9、磁力線分布圖（一）

發現：我們從磁力線分布圖上看出，沒有附加兩塊鐵片時，磁力線大量的向周圍擴散；附加兩塊鐵片後，磁力線大量集中在兩個鐵片之間，向外擴散的比較少。

討論：

- 1、同學討論之後認為，可能是附加鐵片再去吸另一塊鐵片時，有大量的磁力線集中從鐵片裡面流通過去，所以散到外面的磁力線減少了。就像我們上到「燈泡亮了」的單元，知道在電池的正極和負極之間，接上電路，電流就會從電路上流通過去一樣。
- 2、我們認為，鐵比空氣更容易讓磁力線流通，用鐵的材料從磁鐵的北極連接到南極，就可以讓大量的磁力線，順著鐵的材料流通過去。正因為用鐵的材料形成了磁力線的通路，讓大量磁力線從鐵流通過去，所以吸力增強了。

四、探討鐵片長度、面積、厚度等因素對磁力的影響。

(一) 鐵片長度改變對磁力的影響

如果附加的鐵片長一點，會不會影響磁力的大小呢？我們分別用不同長度的鐵片來試一試。

- * 附加的鐵片和被吸鐵片都是厚度 0.2 公分
- * 測量三次平均值，結果：

兩塊鐵片的寬、長、厚 【單位：公分】		3.8×2.7×0.2 (長度和磁鐵相同)	3.8× 3 ×0.2	3.8× 4 ×0.2	3.8× 6 ×0.2
拉開的力 (公斤)	1號磁鐵	18.5	16	12.5	7.5
	2號磁鐵	11.5	10.5	8.5	4.5
	3號磁鐵	8.5	7.5	5.5	3.5

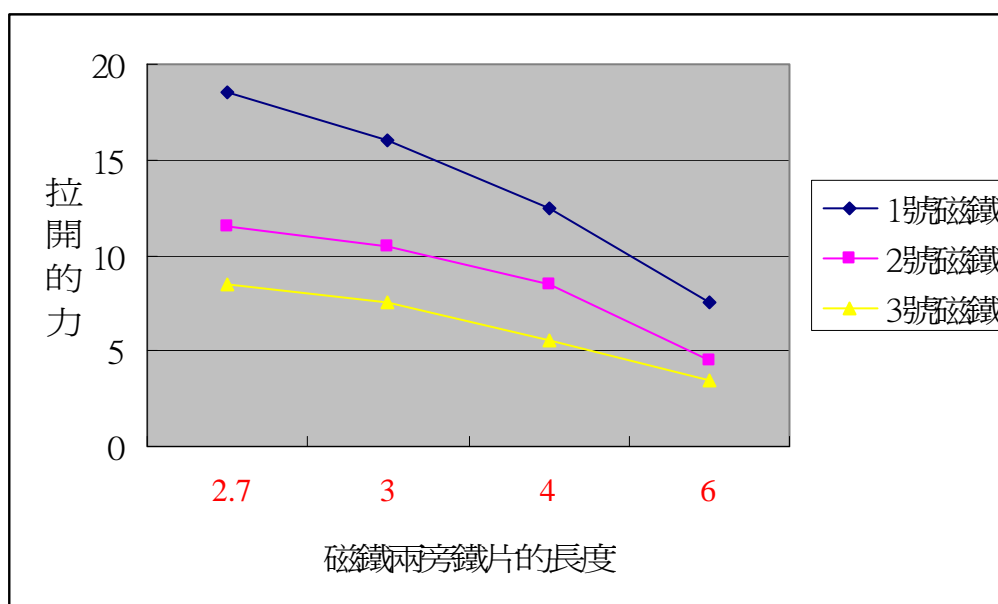


圖 10、鐵片長度對磁力影響關係圖

發現：附加的鐵片和磁鐵長寬相同時，吸力最強。鐵片長度增加時吸力變小，鐵片越長吸力越小。

討論：磁力線在鐵片裡流過時，應該有受到阻力，所以鐵片越長，到達另一端時，剩下的磁力線越少。

(二) 鐵片面積改變對磁力的影響

磁鐵兩極附加的鐵片面積改變，會影響磁力嗎？我們來試驗看看。

- * 附加的鐵片和被吸鐵片都是厚度 0.2 公分
- * 測量三次平均值，結果：

兩塊鐵片的長、寬 【單位：公分】		2.7× 3.8 (長寬和磁鐵相同)	4 × 4	6 × 6
拉開的力 (公斤)	1 號磁鐵	18.5	10	7
	2 號磁鐵	11.5	8	4.5
	3 號磁鐵	8.5	5.5	2.5

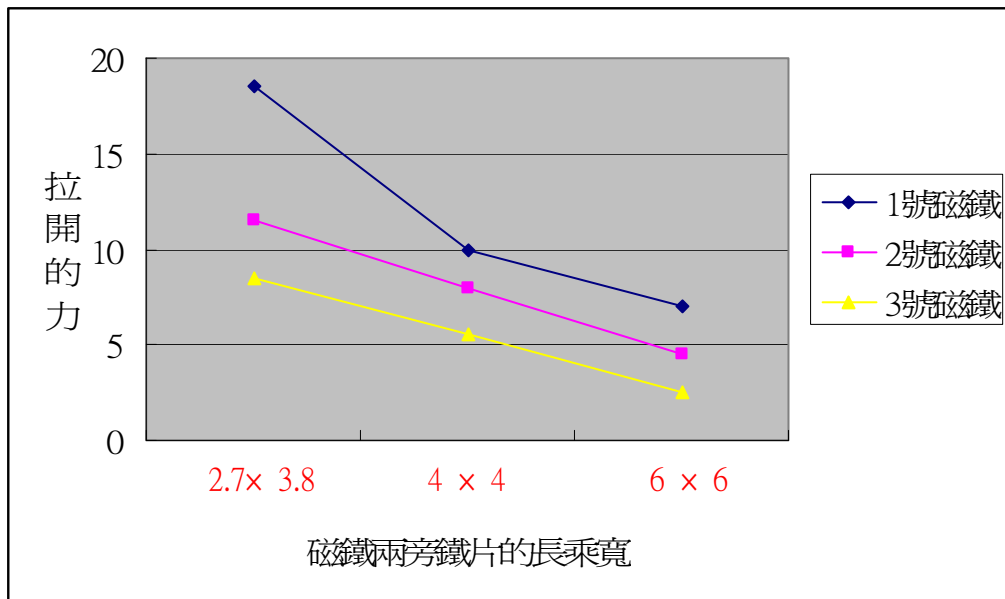


圖 11、鐵片面積對磁力影響關係圖

發現：附加的兩塊鐵片和磁鐵長寬一樣時，磁力最強。鐵片面積越大，磁力越弱。
 討論：附加的鐵片面積越大，磁力越弱，不知道是什麼原因？會不會跟磁力線有關呢？我們用鐵粉來觀察磁力線看看。

觀察磁力線分布情形：

兩塊鐵片大小	2.7× 3.8 (長寬和磁鐵相同)	4 × 4	6 × 6
磁力線圖			

圖 12、磁力線分布圖 (二)

發現：

- 1、在兩塊鐵片之間，磁力線分布很密，也就是說在兩塊鐵片之間，有很多磁力線從空氣中流通過去。
- 2、鐵片面積越大，兩塊鐵片之間從空氣中流通過去的磁力線越多。

討論：

- 1、兩塊鐵片面積比磁鐵大的部分，在鐵片之間有許多磁力線從空氣中流通過去。所以使流過被吸鐵片的磁力線減少，吸力就減小了。
- 2、在鐵片長度對磁力影響的實驗時，發現鐵片越長，磁力越弱，應該也和這個原因有關係。

(三) 鐵片厚度改變對磁力的影響

磁鐵旁邊的兩塊鐵片厚度改變時，對磁力有影響嗎？被吸的鐵片厚度改變，對磁力有影響嗎？分別用不同厚度的鐵片來試一試。

1、被吸的鐵片厚度 0.1 公分

測量三次平均值，結果：

磁鐵旁邊兩塊鐵片的厚度 (公分)		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
拉開的力 (公斤)	1號磁鐵	11.5	15	16.5	17.5	16	13.5
	2號磁鐵	8	10.5	12	10.5	10	9
	3號磁鐵	7	8.5	9	8	7.5	6.5

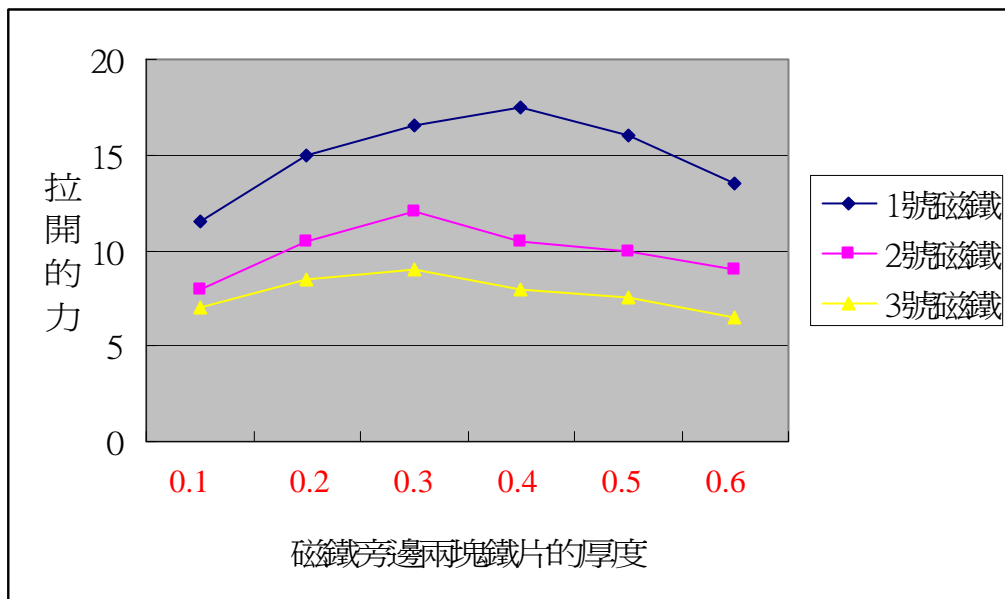


圖 13、鐵片厚度對磁力的影響關係圖 (被吸鐵片厚 0.1 公分)

2、被吸的鐵片厚度 0.2 公分

測量三次平均值，結果：

磁鐵旁邊兩塊鐵片的厚度 (公分)		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
拉開的力 (公斤)	1號磁鐵	12	18.5	21	22	19.5	16
	2號磁鐵	8.5	11.5	13.5	12.5	11	9.5
	3號磁鐵	7	8.5	9.5	8.5	7.5	7

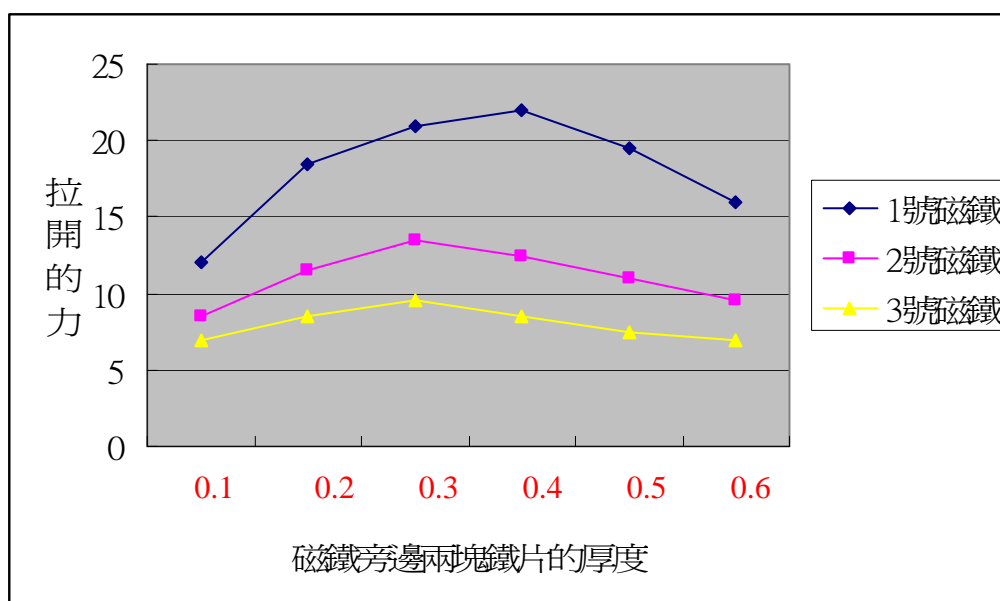


圖 14、鐵片厚度對磁力的影響關係圖 (被吸鐵片厚 0.2 公分)

3、被吸的鐵片厚度 0.3 公分

測量三次平均值，結果：

磁鐵旁邊兩塊鐵片的厚度 (公分)		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
拉開的力 (公斤)	1號磁鐵	12	19.5	22	24	22	18.5
	2號磁鐵	9.5	12	14	13	12	11
	3號磁鐵	7	9	10	8.5	7.5	7

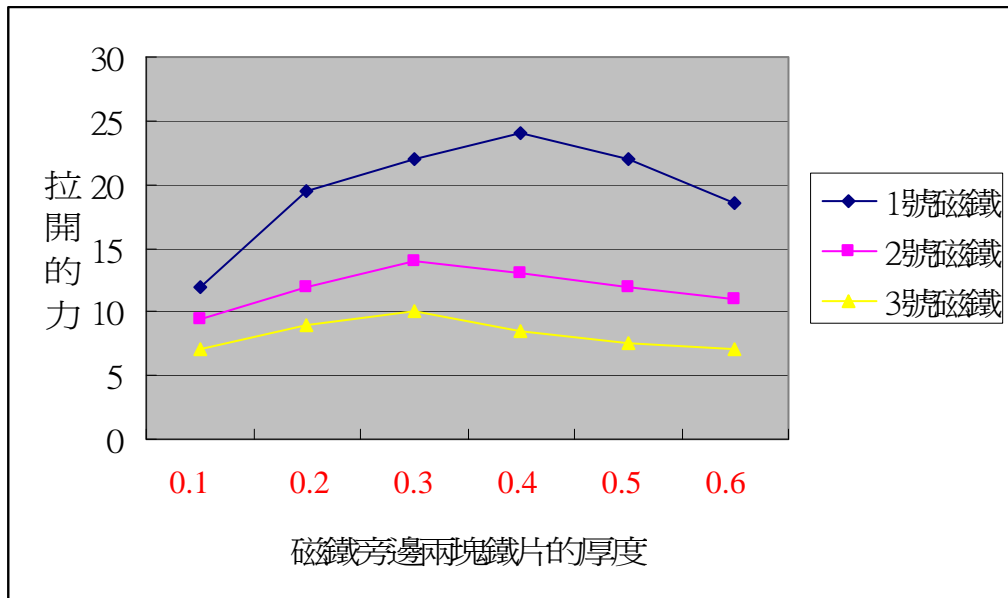


圖 15、鐵片厚度對磁力的影響關係圖（被吸鐵片厚 0.3 公分）

4、被吸的鐵片厚度 0.4 公分

測量三次平均值，結果：

磁鐵旁邊兩塊鐵片的厚度（公分）		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
拉開的力（公斤）	1號磁鐵	12.5	20	23	27.5	23	20
	2號磁鐵	10	12	14	13.5	12	11
	3號磁鐵	7	9.5	10	8	7.5	7

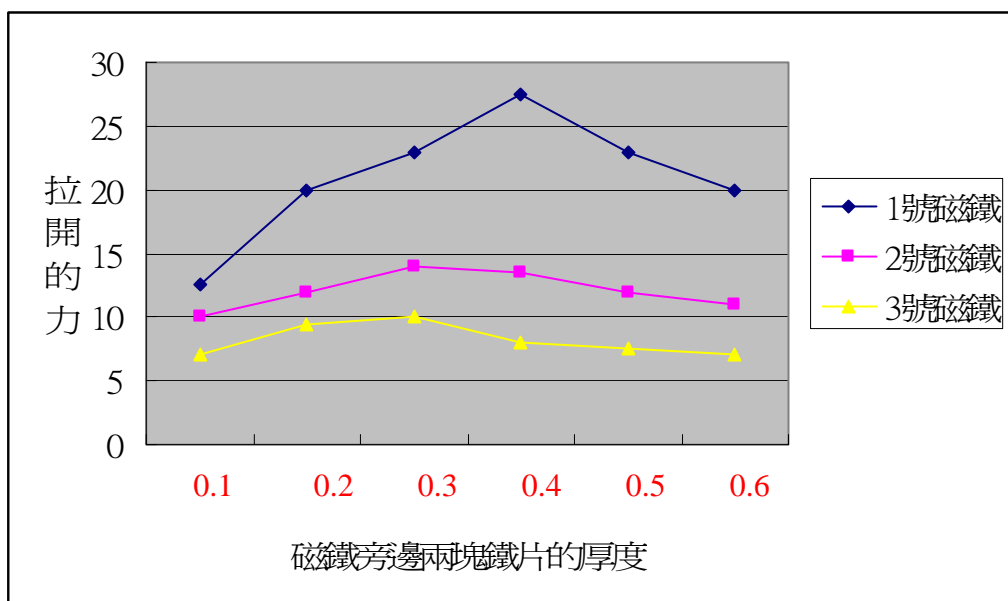


圖 16、鐵片厚度對磁力的影響關係圖（被吸鐵片厚 0.4 公分）

5、被吸的鐵片厚度 0.5 公分

測量三次平均值，結果：

磁鐵旁邊兩塊鐵片的厚度（公分）		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
拉開的力 （公斤）	1 號磁鐵	12.5	21	24	28	23	20
	2 號磁鐵	9	12	14	13.5	12	10.5
	3 號磁鐵	7	8	9	8	7.5	7

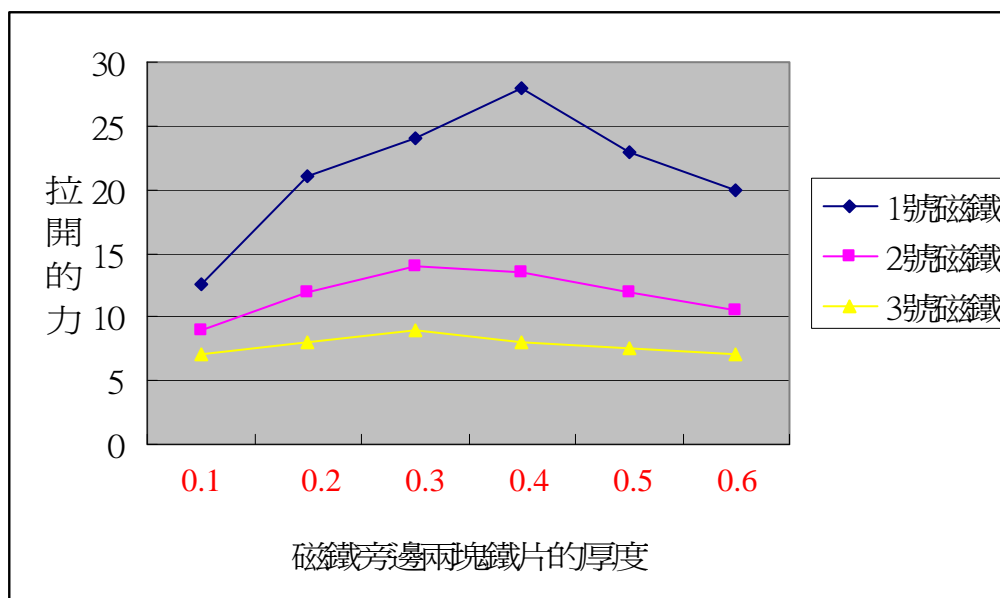


圖 17、鐵片厚度對磁力的影響關係圖（被吸鐵片厚 0.5 公分）

發現：

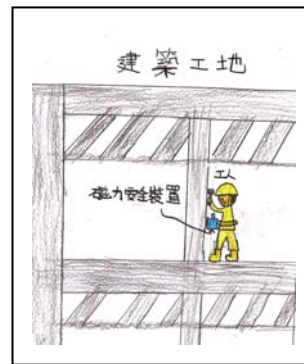
1. 從以上連著幾個關係圖，可以看出磁鐵旁邊的兩塊鐵片厚度改變時，吸力也會改變。隨著厚度增加，磁力先增加，然後又變成減少。但是，1 號磁鐵吸力最強是在鐵片厚 0.4 公分時；2 號磁鐵和 3 號磁鐵吸力最強是在鐵片厚 0.3 公分時。而 1 號磁鐵吸力最強時達 28 公斤，2 號磁鐵吸力最強時達 14 公斤，3 號磁鐵吸力最強時達 10 公斤。這表示，越強的磁鐵要配合越厚的鐵片，才能發揮強大的吸力。較弱的磁鐵要配合較薄的鐵片，鐵片太厚反而吸力減少。
2. 被吸的鐵片從 0.1 公分變成 0.2 公分再變成 0.3 公分時，三個磁鐵都吸力增強。從 0.3 公分變成 0.4 公分時，2 號和 3 號磁鐵吸力增強很少。從 0.4 公分變成 0.5 公分時，2 號和 3 號磁鐵吸力略微減小。可見被吸鐵片厚度改變時，吸力也會隨著厚度增加而增加，但是太厚時，吸力會略微減小。而越強的磁鐵適合用越厚的鐵片。

討論：

1. 當磁鐵旁附加的兩塊鐵片太薄時，磁鐵的吸力較小，可能是鐵片太薄影響磁力線的通過。
2. 當磁鐵旁的兩塊鐵片太厚時，磁鐵的吸力減小，可能是要多花一些磁力到鐵片的每一部分，磁力分散了。

五、製作一個磁力強大的磁力裝置

經過許多的實驗，我們對於磁鐵兩邊附加鐵片，使磁力增強的方法已經有許多的認識。我們想要用這方法製作一個磁力強大的裝置，讓磁鐵吸力能承受人的體重，就可以用來設計一個安全裝置，當工人在鋼架上做事時，把磁鐵吸在鋼架上，連接繩子綁在身上，這樣可以作為鋼架上的工作人員的保護器材。但是吸力會有這麼強嗎？



磁力裝置可以作為鋼架上工人的保護器材。

圖 18、建築工地的鋼架與工人工作想像圖

- (一) 首先我們從收集來的磁鐵中，選一個磁力比較強的磁鐵，然後思考要怎麼做。我們討論了很久，設計出一個方法。

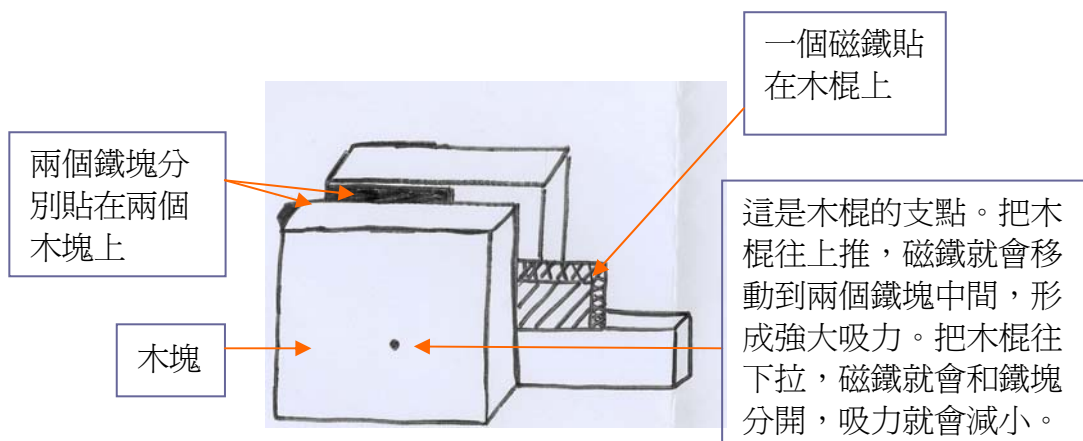


圖 19、磁力裝置設計圖

(二) 預測可以有多大的吸力

4 號磁鐵可以達到多大的吸力呢？我們想利用先前的實驗結果畫關係圖來進行預測。先測量被吸的鐵片和磁鐵旁的鐵片都是 0.1 公分時，4 號磁鐵的吸力是多少，結果是 22 公斤。

利用測量結果，作關係圖進行預測。

	鐵片用 0.1 公分厚時的吸力	最大的吸力
1 號磁鐵	11.5 公斤	28 公斤
2 號磁鐵	8 公斤	14 公斤
3 號磁鐵	7 公斤	10 公斤
4 號磁鐵	22 公斤	? 公斤

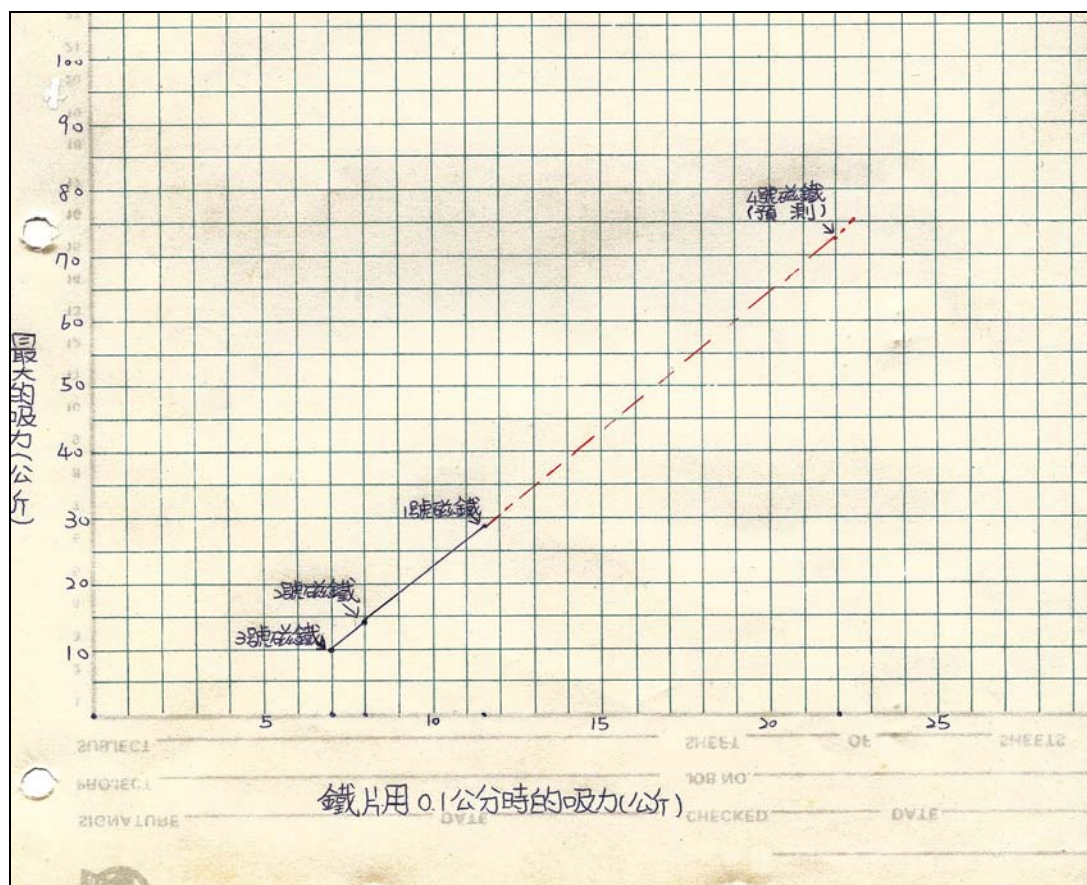


圖 20、 4 號磁鐵最大吸力預測關係圖

由關係圖預測，4 號磁鐵最大的吸力大約可以達到 72.5 公斤。

(三) 預測應該用多厚的鐵塊呢？

4 號磁鐵旁邊要配多厚的鐵片呢？我們還是利用先前的實驗結果來畫關係圖進行預測。

	最大的吸力	適合鐵塊厚度
1 號磁鐵	28 公斤	0.4 公分
2 號磁鐵	14 公斤	0.3 公分
3 號磁鐵	10 公斤	0.3 公分
4 號磁鐵	72.5 公斤	? 公分

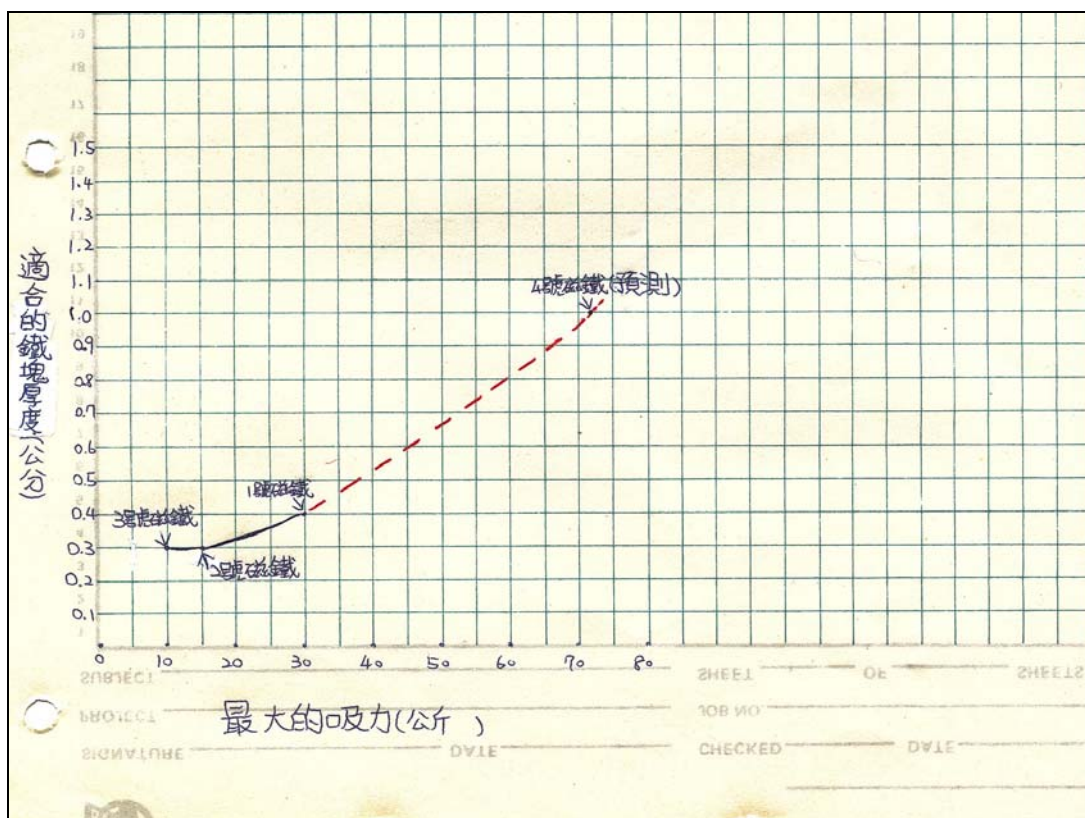


圖 21、 4 號磁鐵產生最大吸力的鐵塊厚度預測關係圖

由關係圖預測，4 號磁鐵適合用大約 1 公分厚的鐵塊。

(四) 經過設計和預測後，就開始準備材料動手製作。

我們找到幾塊木料，請學校的木工叔叔幫忙鋸和鑽孔，再去買 1 公分厚的鐵塊，開始製作，又經過幾次修改，最後終於完成了第一個試驗品。

經過試驗操作後，發現第一個試驗品太笨重又操作不方便，所以繼續研究改進。

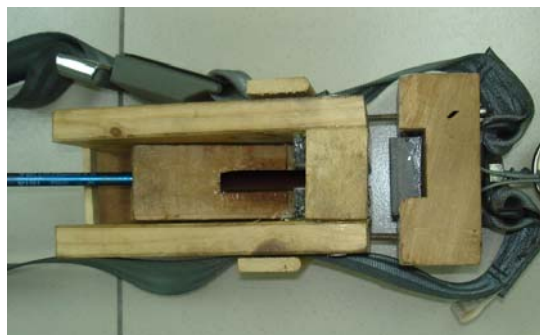


圖 22、第一個試驗品完成圖

改善後的磁力裝置：



圖 23、磁力裝置完成圖

製作完成後，要測量吸力有多少。我們把磁力裝置用繩子綁在單槓上，用同學的重量來測試，看看能掛多少重量才把鐵塊拉開。(鐵塊和繩子的綁法要很注意安全)



掛兩個同學
還拉不開。

圖 24、用兩位同學的體重測量磁力裝置的吸力有多少

測試結果，我們的磁力裝置吸力可以達到大約 70 公斤，和我們原來預測的差不多。我們也覺得很高興。既然這麼小小一個磁鐵，可以加兩個鐵塊，使磁力增強到 70 公斤，那麼，配合更強的磁鐵，就可以製作成鋼架上工人的保護裝置。

陸、研究結果

經過長時間的研究，我們心中疑惑的問題，終於得到了解答，探索出磁鐵旁邊附加鐵片的奧秘，還製作完成吸力達到 70 公斤的磁力裝置。這個磁力裝置，成為我們寶貝的科學玩具，許多同學來試過都拉不開，後來消息傳到全校，大家都對科學實驗更有興趣。

柒、綜合討論

- 一、運用槓桿實驗器的方法，使我們可以用較小的力，把被吸的鐵片拉開。我們的磁力裝置也運用了槓桿原理。可見運用槓桿原理，可以幫助我們做事。
- 二、當初用三個磁鐵進行實驗是認為實驗結果會比較可靠，沒有想到卻發現磁力越強適合越厚的鐵片，磁力越弱適合越薄的鐵片。如果當初只用一個磁鐵實驗就不會有這個發現。
- 三、我們製作磁力裝置時，不知要用多厚的鐵片，後來採用關係圖預測的方法，這是因為以前上課時老師指導過我們用關係圖可以進行預測。後來很幸運的效果還不錯，但是，我們想科學家或許有別的方法。
- 四、我們製作的磁力裝置吸力可以達到 70 公斤，如果由工廠用強力磁鐵製作，應該可以達到 100 公斤或 200 公斤，可見這方法是可行的。我們建議廠商可以考慮製造鋼架上工人的保護裝置，減少工人的意外傷害。
- 五、在大港口，常常看見工人掛在大船外面進行塗油漆、焊接等工作，搖搖晃晃非常危險。大輪船和軍艦都是鋼鐵做的，同樣可以運用磁力，設計工人的保護裝置，和懸掛物品的固定裝置。
- 六、運用兩塊鐵片使磁鐵增加磁力的方法，在各行各業，有需要運用磁鐵時，把這方法考慮進去，效果一定更好。
- 七、全國的小朋友每年都有三年級學生上到這個磁力玩具的單元，一定有很多小朋友心裡對於磁鐵也有這樣的疑問，我們的研究可以提供大家做參考，讓大家對於課本上這個問題有更深入的了解。

捌、結論

- 一、把兩塊鐵片附加在磁鐵的南極和北極，再去吸另一塊鐵片，吸力增加很多。如果是把兩塊鐵片附加在磁鐵的側面再去吸另一塊鐵片，則吸力增加比較少。
- 二、在磁鐵的南北極附加兩塊鐵片，吸力會大大增強，是因為用鐵的材料，形成了磁力線的通路，讓大量的磁力線集中起來從鐵裡面流過去，所以吸力增強。如果沒有用這方法，而是磁鐵直接去吸一塊鐵片，就有很多磁力線散到空氣中，所以吸力比較小。

- 三、在探討鐵片長度對磁力的影響實驗，結果是附加的鐵片和磁鐵長寬相同時，磁力最強。鐵片長度增加時吸力變小，鐵片越長磁力越小。
- 四、在探討鐵片面積對磁力的影響實驗，結果是附加的兩塊鐵片和磁鐵長寬一樣時，磁力最強。鐵片面積越大，磁力越弱。因為鐵片面積越大，在鐵片之間從空氣中流失的磁力線越多。
- 五、磁鐵附加的兩塊鐵片在適當的厚度時，磁力最強。在鐵片較薄或較厚時，磁力都減小。
- 六、被吸的鐵片太薄時，吸力較弱。太厚時，吸力也會有略微減小。
- 七、磁力強弱不同的磁鐵，如果是越強的磁鐵就要配合越厚的鐵片，才能發揮強大的吸力，越弱的磁鐵要配合較薄的鐵片，鐵片太厚反而吸力減小。
- 八、我們製作的磁力裝置，吸力可以達到 70 公斤。可見用兩塊鐵片增強磁力的方法，應該可以有許多更大的用處。例如建築工地的大鋼架上，可用這方法製作工人的安全裝置。

玖、參考資料及其他

- 一、自然與生活科技（民 94）。臺北縣：康軒文教。
- 二、自然與生活科技（民 93）。台北市：牛頓出版。
- 三、小牛頓科學百科 4（2002 年 12 月）。台北市：牛頓出版。
- 四、新編光復科學圖鑑 4（2004 年 1 月）。台北市：光復書局。
- 五、科學圖書館（民 73）。台北市：圖文出版。

【評語】 081524

- (1)針對小學教材的內容，深入探討，並了解實際磁力的大小。
- (2)可以多進行未加鐵片的對照組來強化主題。
- (3)能以舊經驗為基礎發展為可應用裝置。