

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

080114

魔力！摩力的考驗-紙類摩擦力之探究

學校名稱：桃園市龜山區南美國民小學

作者：	指導老師：
小五 蔡宏杰	王金生
小五 翁苡煊	周俊良
小五 沈歆媿	
小五 藍品涵	
小五 吳文瑜	

關鍵詞：摩擦力、紙類、紋路

摘要

本研究從時間與重量來探討紙張與拖鞋的摩擦力。研究結果發現如下，第一：在互相夾疊中，紙張所夾面積大，厚度較厚，摩擦力較大。如所夾面積大的 0.24mm 影印紙，負重最多；所夾面積小的報紙與 0.1mm 影印紙，負重少。第二：報紙、0.1mm 影印紙在斜面(25 度)上，摩擦力較大。第三：紋路會改變摩擦力。在斜坡中，摩擦力小的 0.19mm 影印紙，貼各種紙紋路，摩擦力變大。5 平方公分紙條(共 10 條)直排(順著下滑方向)摩擦力最大，10 平方公分紙條(共 6 條)橫排摩擦力最小，且各式直排方式改變摩擦力較多。第四：利用 50 度斜面來測試拖鞋鞋底紋路摩擦力。粗糙面下，水量多，人字拖鞋大；未噴水，珠光皮拖鞋大。光滑面下，水量多，橡膠人字拖鞋大；未噴水時，黃色室內拖鞋大。

壹、研究動機

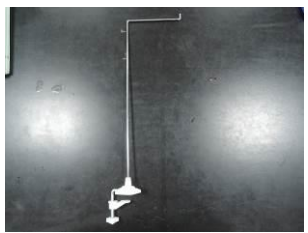
生活中存在有許多利用摩擦力的例子，從自然課「摩擦力」的單元知道，所穿鞋子的鞋底紋路、汽水瓶蓋上的刻紋、學校大樓樓梯的防滑設計，都是利用摩擦力讓生活更加方便與安全，我們小組決定選擇摩擦力作為研究的主題。課本的實驗是利用砂紙與硬幣來比較摩擦力，我們想可不可能用其他的方式，也可以看出在摩擦力影響下造成的差異。曾經看過同學們在玩書本摩擦力，引起我們的興趣，他們努力出力卻拉不開課本，如果改用不同紙張，那所產生的摩擦力大小，差異會多大?可以測量出來嗎?另外，自然課學習到，紋路對汽車的行車安全很重要。如果同一種紙張，組合不同的紋路，產生的結果又是如何?從紙張的紋路延伸，比較室內拖鞋在不同紋路下的摩擦力。

貳、研究目的

- 一、研究紙張在不同面積下互夾的摩擦力關係。
- 二、探討不同材質紙張在相同重量與斜坡下摩擦力的差異。
- 三、比較紙張組合出不同紋路，在相同斜坡中對摩擦力的影響。
- 四、利用斜坡實驗來比較不同鞋底紋路摩擦力的差異。

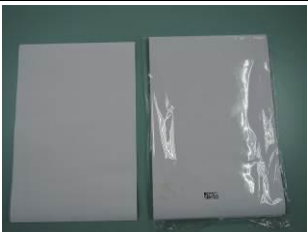
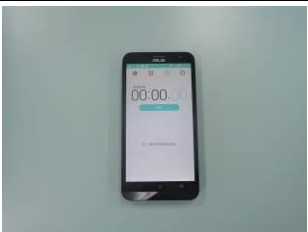
叁、研究設備及器材

一、實驗一器材：

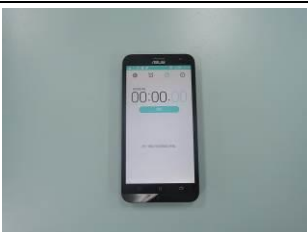
			
各式紙張	鐵絲	鐵鉤	打孔機
			
膠帶	裁紙刀	鐵鉤組	鐵絲鉤
			
L 型鐵架	砝碼	微量電子秤	習作

二、實驗二器材：

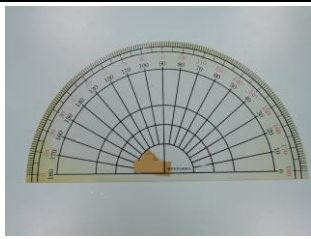
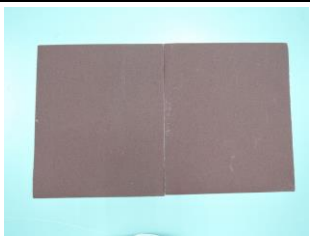
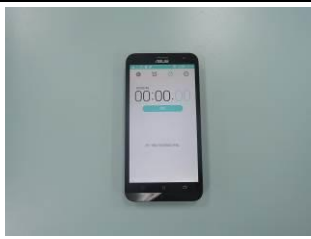
			
0.1 mm 影印紙	0.16mm 影印紙	0.19mm 影印紙	0.24mm 影印紙

			
雲彩紙	粉彩紙	牛皮紙	報紙
			
圖畫紙	木板	習作	木塊
			
手機計時器	膠帶	剪刀與美工刀	直尺

三、實驗三器材：

			
木板	木塊	剪刀與美工刀	直尺
			
手機計時器	膠帶	習作	口紅膠

四、實驗四器材：

			
人字拖鞋	藍白拖鞋	黃色室內拖鞋	珠光皮拖鞋
			
橡膠人字拖鞋	習作	量角器	木板
			
120 號-粗砂紙	膠帶	計時軟體	油土
			
噴水器	美工刀	鐵尺	微電子秤

肆、研究過程

一、實驗一：

(一).目的：

研究紙張在不同面積下互夾的摩擦力關係。

(二).地點：

自然教室。

(三).方法：

1. 設計可以承受重物的夾子或掛鉤。
2. 把各種不同的紙裁成長 20 公分寬 15 公分的長方形紙張。
3. 取出同一種紙 40 張，每 20 張一疊，並使用打孔機在紙上打 2 個孔。
4. 將兩疊各 20 張的紙，在寬 12 公分處互夾，使彼此面積 240 平方公分重疊。
5. 將 S 形鐵鉤穿過夾好的紙張孔洞，吊掛在 L 型鐵架上。
6. 下疊紙張孔洞則依照能承受重量的程度分別選用鐵鉤組或鐵絲勾掛上。
7. 逐次在箱中放上自然習作或掛上砝碼。
8. 當紙張無法承受下方重量而掉落，計數所承受的總重量。
9. 依序測量紙張在不同面積互夾所能承受的重量。

(四).圖表說明：

		
裁紙	承受重量情況檢測	承受重量情況檢測
		
兩疊紙互夾	掛上鐵鉤組	完成組裝準備放入習作

		
紙張承受重量中	逐步放入習作增加重量	逐步放入習作增加重量

二、實驗二：

(一).目的：

探討不同材質紙張在相同重量與斜坡下摩擦力的差異。

(二).地點：

同實驗一

(三).方法：

- 1.把各式不同材質的紙張，依照木塊底面大小裁剪出相同面積的紙張。
- 2.將裁剪好紙張，固定黏貼在木塊底面上。
- 3.將 60 本自然習作疊高，擺上木板，調整測試木塊下滑的角度。
- 4.把木塊放置在木板上方，讓它自動滑下，並出聲喊開始與停止。
- 5.測量木塊下滑到木板底部所需要的時間，並做紀錄。
- 6.同一種材質的紙，反複測量 10 次，再算平均時間。
- 7.依順序測試其他不同紙張。

(四).圖表說明：

		
0.1mm 影印紙	0.16mm 影印紙	0.19mm 影印紙
		
0.24 mm 影印紙	圖畫紙	牛皮紙

		
報紙	粉彩紙	雲彩紙

三、實驗三：

(一).目的：

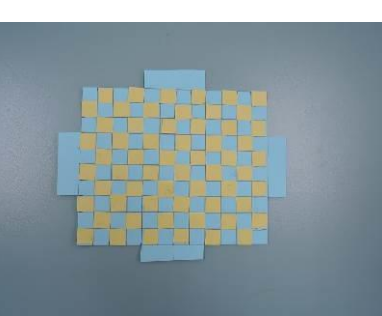
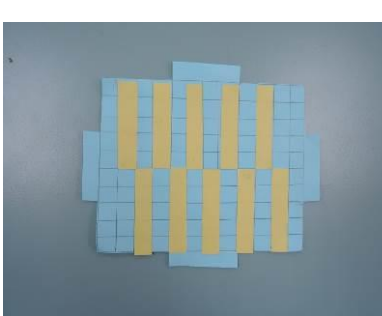
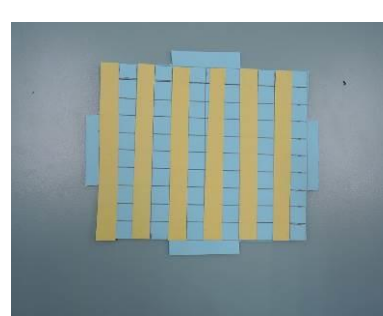
比較紙張組合出不同紋路，在相同斜坡中對摩擦力的影響。

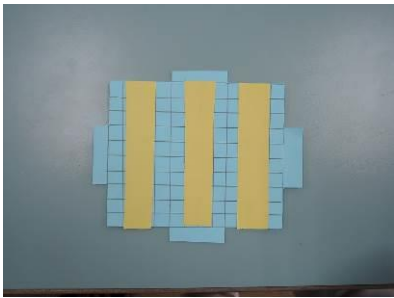
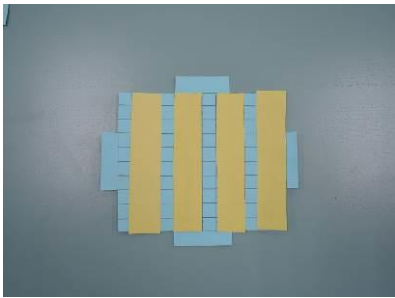
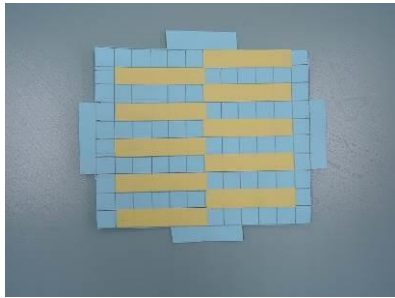
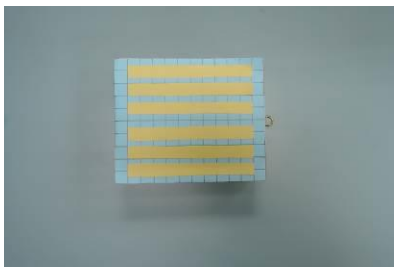
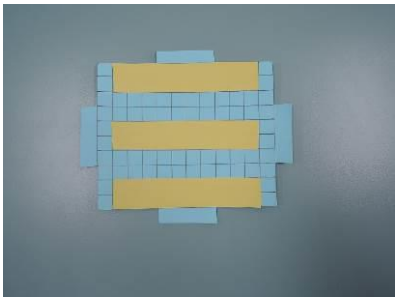
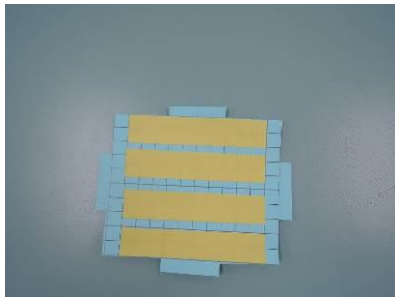
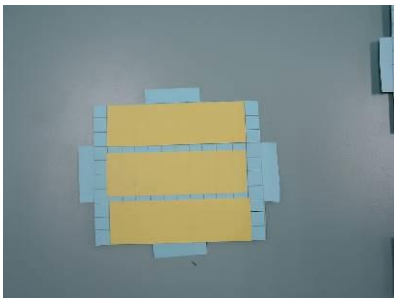
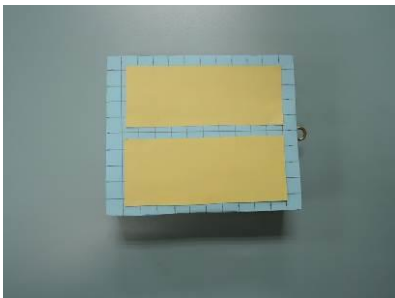
(二).地點：

同實驗一。

(三).方法：

- 1.從實驗一斜坡實驗中挑出摩擦力最好的紙張(0.1mm 影印紙)。
- 2.將 0.1mm 影印紙畫上 1 平方公分格線。
- 3.依照步驟二，將畫好格線的紙張，剪成 1 平方公分紙片、5 平方公分紙條、10 平方公分紙條、20 平方公分紙條、30 平方公分紙條、40 平方公分紙條、50 平方公分紙條。
- 4.挑出實驗一中摩擦力最差的紙張(0.19 mm 影印紙)。
- 5.將 0.19mm 影印紙畫上 1 平方公分的格線共 120 格。
- 6.把剪裁好的 0.1mm 影印紙各式紙片與紙條，組合成橫式與直式不同排列，並黏貼在 120 格的 0.19mm 影印紙上。
- 7.按照實驗一的步驟，從步驟 3 到步驟 6 依順序反覆測試不同紋路。
- 8.把各式結果紀錄下來進行比較。

		
1 平方公分	5 平方公分(橫貼)(10 條)	10 平方公分(橫貼)

		
20 平方公分(橫貼)(3 條)	20 平方公分(橫貼)(4 條)	30 平方公分(橫貼)(3 條)
		
40 平方公分(橫貼)(2 條)	50 平方公分(橫貼)(2 條)	5 平方公分(直貼)(10 條)
		
10 平方公分(直貼)(6 條)	20 平方公分(直貼)(3 條)	20 平方公分(直貼)(4 條)
		
30 平方公分(直貼)(3 條)	40 平方公分(直貼)(2 條)	50 平方公分(直貼)(2 條)

四、實驗四：

(一).目的地：

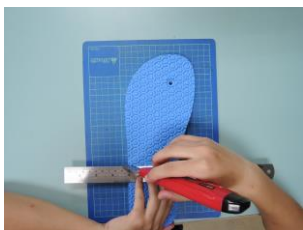
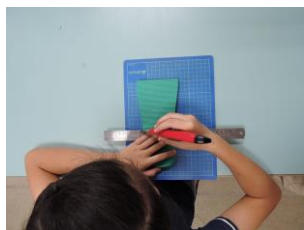
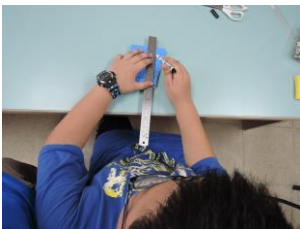
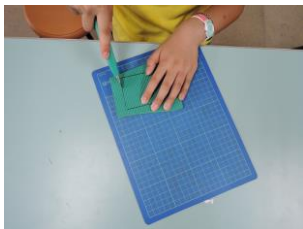
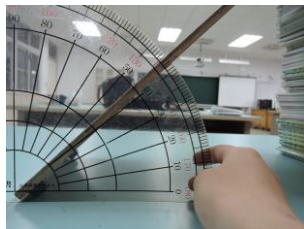
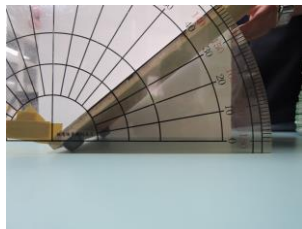
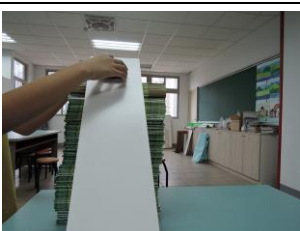
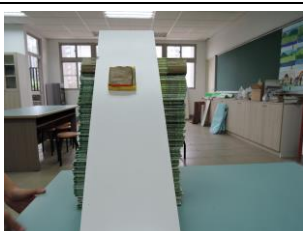
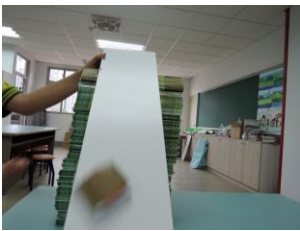
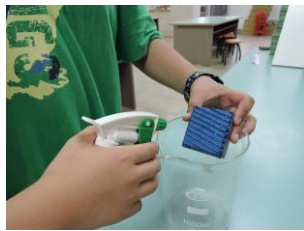
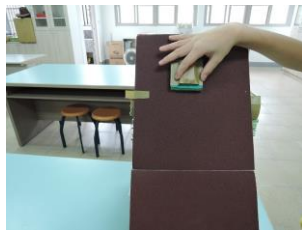
利用斜坡實驗來比較不同鞋底紋路摩擦力的差異。

(二).地點：同實驗一。

(三).方法：

- 1.選擇各種鞋底紋路較單一的拖鞋。
- 2.使用美工刀與鐵尺將鞋底切成邊長都是 6 公分的正方形。
- 3.將每塊鞋底加上油土和膠帶，製作成重量都是 35 克的測試鞋底。
- 4.將木板放置在習作上調整習作與木板，找出合適的斜坡角度。
- 5.固定斜坡角度為 50 度，將每塊相同重量的測試鞋底，由斜坡上固定位置處輕放。
- 6.鞋底自動滑下，並出聲喊開始與停止。
- 7.測量鞋底下滑到木板底部所需要的時間，反覆測量十次，並作紀錄。
- 8.無法下滑到底部的鞋底，則記錄 1 分鐘，所移動的距離。
- 9.加上砂紙改變斜坡情況，或改變噴水量，來反覆測試鞋底紋路並記錄。

(四).圖表說明：

			
裁切	裁切	裁切	裁切
			
切成 6 乘 6	切成 6 乘 6	調整角度	固定角度
			
固定位置	下滑中	下滑中	測量距離
			
快速下滑	噴水 1 次	噴水 5 次	增加砂紙

伍、研究結果

一、實驗一：

(一).

		
承受重量測試	承受重量測試	承受重量測試
		
圖畫紙承受重量(12cm)	圖畫紙承受重量 10	圖畫紙承受重量 5
		
報紙承受重量(12cm)	報紙承受重量(12cm)	報紙承受重量(12cm)
		
0.1mm 紙承受重量(12cm)	0.16mm 紙承受重量(12cm)	0.19mm 紙承受重量(12cm)

		
0.24mm 紙承受重量(12cm)	牛皮紙承受重量(12cm)	粉彩紙承受重量(12cm)
		
雲彩紙承受重量(12cm)	0.1mm 紙承受重量(10cm)	0.16mm 紙承受重量(10cm)
		
0.19mm 紙承受重量(10cm)	0.24mm 紙承受重量(10cm)	雲彩紙承受重量(10cm)
		
粉彩紙承受重量(10cm)	牛皮紙承受重量(10cm)	報紙承受重量(10cm)
		

0.1mm 紙承受重量(5cm)	0.16mm 紙承受重量(5cm)	0.19mm 紙承受重量(5cm)
		
0.24mm 紙承受重量(5cm)	圖畫紙承受重量(5cm)	牛皮紙承受重量(5cm)
		
報紙承受重量(5cm)	粉彩紙承受重量(5cm)	雲彩紙承受重量(5cm)

(二).實驗一 整理

1.

12 公分互夾

紙張數:20 張

	承受重量(單位:公克)	重物(自然習作)	鉤子樣式	比較
0.1mm 影印紙	1270	6 本	鐵鉤組	8
0.16mm 影印紙	8498	58 本	鐵鉤組	2
0.19mm 影印紙	7386	50 本	鐵鉤組	3
0.24mm 影印紙	13363	93 本	鐵鉤組	1
圖畫紙	1826	10 本	鐵鉤組	7
牛皮紙	1965	11 本	鐵鉤組	6
報紙	714	2 本	鐵鉤組	9
粉彩紙	6691	45 本	鐵鉤組	4
雲彩紙	5301	35 本	鐵鉤組	5

2.

10 公分互夾

紙張數:20 張

	承受重量(單位:公克)	重物(砝碼或自然習作)	鉤子樣式	比較
0.1mm 影印紙	42	砝碼	鐵絲	8
0.16mm 影印紙	142	砝碼	鐵絲	7
0.19mm 影印紙	853	3 本	鐵鉤組	4
0.24mm 影印紙	1826	10 本	鐵鉤組	1

圖畫紙	1409	7 本	鐵鉤組	2
牛皮紙	575	1 本	鐵鉤組	6
報紙	30	砝碼	鐵絲	9
粉彩紙	853	3 本	鐵鉤組	4
雲彩紙	1270	6 本	鐵鉤組	3

3.

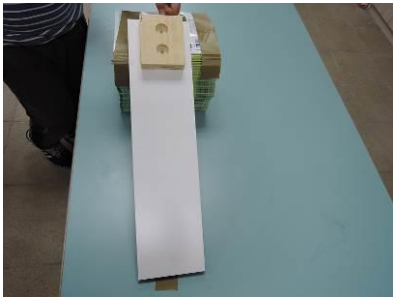
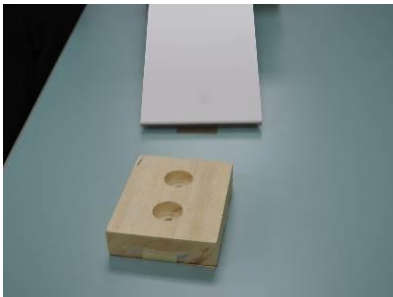
5 公分互夾

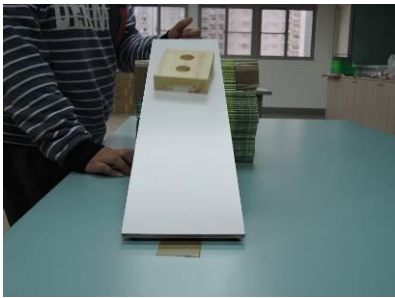
紙張數:20 張

	承受重量(單位:公克)	重物(砝碼或自然習作)	鉤子樣式	比較
0.1mm 影印紙	2		鐵絲	8
0.16mm 影印紙	22	砝碼	鐵絲	6
0.19mm 影印紙	82	砝碼	鐵絲	4
0.24mm 影印紙	602	砝碼	鐵絲	1
圖畫紙	62	砝碼	鐵絲	5
牛皮紙	22	砝碼	鐵絲	6
報紙	2		鐵絲	8
粉彩紙	92	砝碼	鐵絲	2
雲彩紙	92	砝碼	鐵絲	2

二、實驗二：

(一)

		
紙張斜坡實驗	紙張斜坡實驗	紙張斜坡實驗
		
0.1mm 影印紙	0.16 mm 影印紙	0.19 mm 影印紙

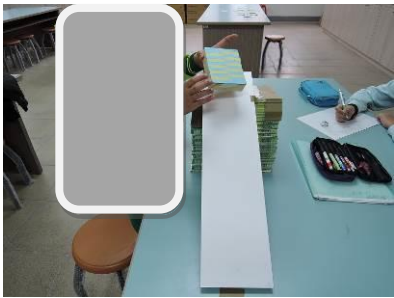
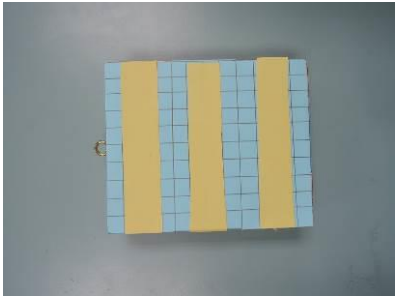
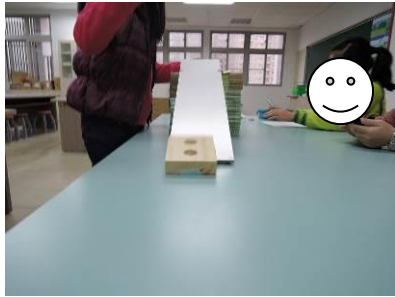
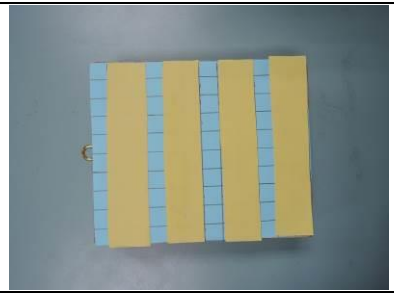
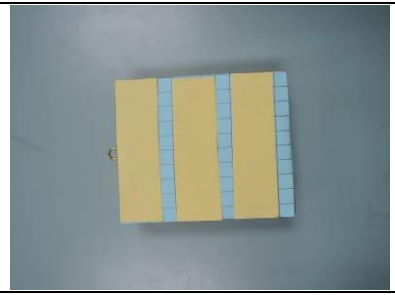
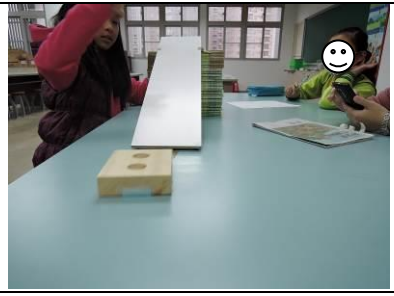
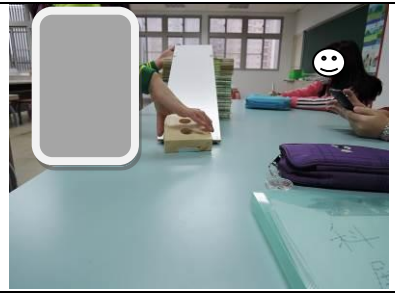
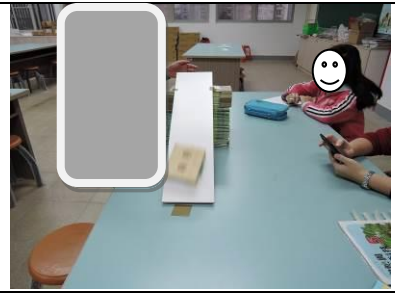
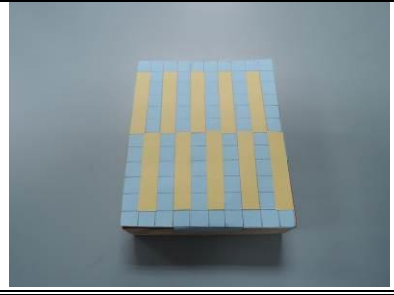
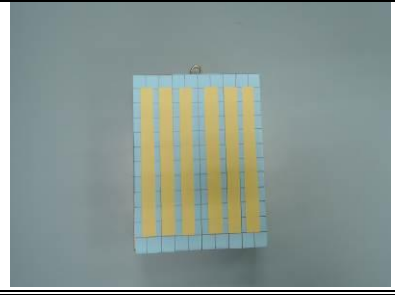
		
0.24 mm 影印紙	圖畫紙	牛皮紙
		
報紙	粉彩紙	雲彩紙

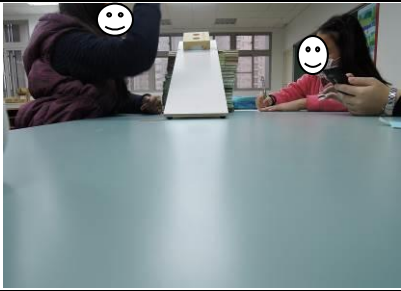
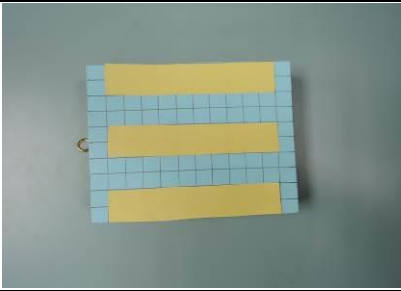
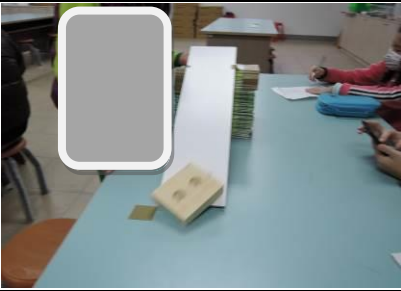
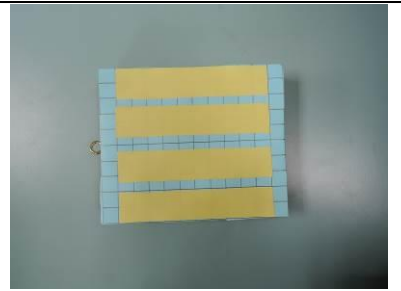
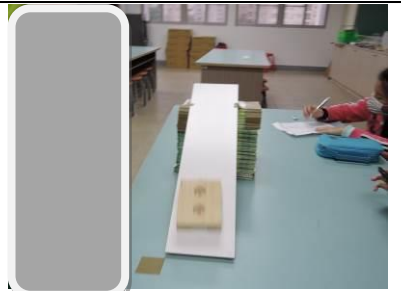
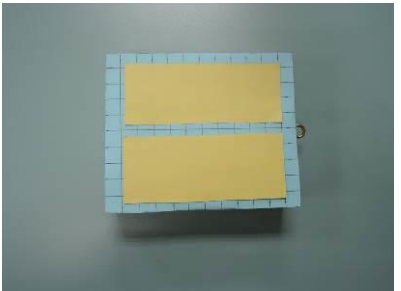
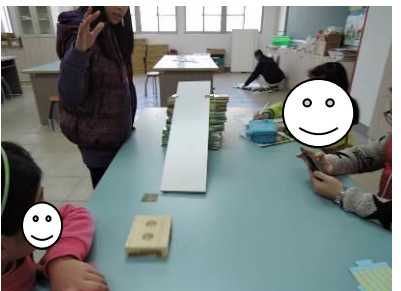
(二).實 驗 二 整 理

(時間單位:秒)

紙張 次數	0.1mm 影印紙	0.16mm 影印紙	0.19mm 影印紙	0.24mm 影印紙	圖畫紙	牛皮紙	報紙	粉彩紙	雲彩紙
第一次	1.66	0.87	0.88	0.84	0.9	0.79	1.46	0.74	0.94
第二次	1.73	1.01	0.88	0.87	0.91	1.03	1.44	0.97	0.8
第三次	2.09	0.79	0.9	1.09	0.87	1.06	1.61	1.12	0.89
第四次	2.09	0.87	0.74	1.06	0.86	1.06	1.84	0.92	1.16
第五次	1.92	0.86	0.9	0.71	1.27	0.97	2.8	1.02	0.89
第六次	1.98	1.08	0.91	1.03	1.11	1.23	3.82	1.07	1.12
第七次	1.76	1.17	1.09	1.07	1.17	1.12	4.35	1.02	1.16
第八次	1.99	1.09	1.05	0.98	1.05	1.24	3.26	0.96	1.38
第九次	1.94	1.04	0.94	0.84	1.18	1.18	4.22	1.06	1.18
第十次	1.8	1.12	1.26	1.15	2.3	1.39	4.84	1.22	1.08
平均時間	1.896	0.99	0.955	0.964	1.162	1.107	2.964	1.01	1.06
比較	2	7	9	8	3	4	1	6	5

三、實驗三
(一).

		
5 平方公分(橫貼)(10 條)	5 平方公分(橫貼)(10 條)	10 平方公分(橫貼)
		
10 平方公分(橫貼)	20 平方公分(橫貼)(3 條)	20 平方公分(橫貼)(3 條)
		
20 平方公分(橫貼)(4 條)	20 平方公分(橫貼)(4 條)	30 平方公分(橫貼)(3 條)
		
30 平方公分(橫貼)(3 條)	40 平方公分(橫貼)(2 條)	50 平方公分(橫貼)(2 條)
		

5 平方公分(直貼)(10 條)	5 平方公分(直貼)(10 條)	10 平方公分(直貼)(6 條)
		
10 平方公分(直貼)(6 條)	20 平方公分(直貼)(3 條)	20 平方公分(直貼)(3 條)
		
20 平方公分(直貼)(4 條)	20 平方公分(直貼)(4 條)	30 平方公分(直貼)(3 條)
		
30 平方公分(直貼)(3 條)	40 平方公分(直貼)(2 條)	40 平方公分(直貼)(2 條)
		
50 平方公分(直貼)(2 條)	銀箔紙	銀箔紙

(二).實 驗 三 整 理

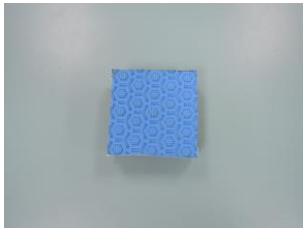
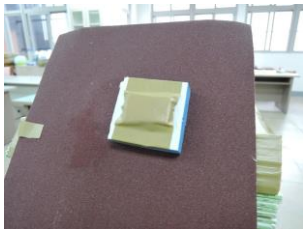
1. 橫排紋路

	1 平方公分	5 平方公分 (10 條)	10 平方公分 (6 條)	20 平方公分 (3 條)	20 平方公分 (4 條)	30 平方公分 (3 條)	40 平方公分 (2 條)	50 平方公分 (2 條)
第一次	1	1.02	1.04	0.66	0.95	0.93	1.36	0.54
第二次	1.58	1.15	1.08	0.87	1.05	1.06	1.83	0.81
第三次	1.28	1.2	1.12	0.96	1.13	1.3	2.38	1.1
第四次	1.26	1.44	1.05	1.24	1.17	1.39	2.67	1.4
第五次	1.4	1.66	1.12	1.65	1.65	1.66	2.83	1.49
第六次	1.33	2.61	1.2	2.38	1.86	1.56	2.48	1.72
第七次	1.29	1.76	1.03	2.18	3.45	3.03	3.08	2.15
第八次	3.1	1.53	1.28	2.15	2.93	2.9	3.68	1.56
第九次	2.7	2.18	1.63	3.21	4.05	6.4	3.05	1.72
第十次	2.68	2.38	1.79	4.73	7	8.27	3.75	1.81
平均 時間	1.762	1.693	1.234	2.003	2.524	2.85	2.711	1.43
比較	5	6	8	4	3	1	2	7

2. 直排紋路

	5 平方公分 (10 條)	10 平方公分 (6 條)	20 平方公分 (3 條)	20 平方公分 (4 條)	30 平方公分 (3 條)	40 平方公分 (2 條)	50 平方公分 (2 條)	銀箔紙
第一次	1.05	0.93	0.86	0.71	0.86	1.05	1.19	0.68
第二次	0.99	1.41	1.1	1.02	1.1	1.21	1.4	0.71
第三次	2.23	1.65	0.78	1.25	1.4	1.42	1.7	0.7
第四次	2.35	3.11	1.35	1.75	1.7	2.36	3.51	0.7
第五次	2.98	3.38	1.72	1.88	2.02	3.33	3.01	0.65
第六次	7.03	4.76	2.21	2.35	1.6	4.3	4.39	0.76
第七次	5.38	3.58	2.98	2.58	2.81	7.5	3.23	0.81
第八次	7.08	3.3	6.62	2	2.21	7.98	5.73	0.66
第九次	13.82	3.96	5.03	3.84	2.71	12.21	5.61	0.62
第十次	25.82	2.16	6.06	3.53	2.57	11.53	3.01	0.77
平均 時間	6.873	2.824	2.871	2.091	1.898	5.289	3.278	0.706
比較	1	5	4	6	7	2	3	8

四、實驗四：
(一).

			
人字拖鞋	6cm×6cm 人字拖鞋	藍白拖鞋	6cm×6cm 藍白拖鞋
			
室內拖鞋	6cm×6cm 室內拖鞋	珠光皮拖鞋	6cm×6cm 珠光皮拖
			
橡膠人字拖	6cm×6cm 橡膠人字拖	無水-無砂紙-直放	無水-無砂紙-橫放
			
無水-有砂紙-直放	無水-有砂紙-橫放	水 1 次-無砂紙-直放	水 1 次-無砂紙-橫放
			
水 1 次-有砂紙-直放	水 1 次-有砂紙-橫放	水 5 次-無砂紙-直放	水 5 次-無砂紙-橫放
			
水 5 次-有砂紙-直放	水 5 次-有砂紙-直放	水 5 次-有砂紙-橫放	水 5 次-有砂紙-橫放

(二).實驗四整理

1. 無水-無砂紙-直放

單位:秒和公分

	習作 111 本		斜坡角度	50 度	
人字拖鞋	藍白拖鞋	黃色室內拖	公分	珠光皮拖鞋	橡膠人字拖
0.8	0.51	1 分鐘	16	10.35	0.62
0.53	0.46	1 分鐘	15.5	4.57	0.45
0.63	0.43	1 分鐘	20.4	4.48	0.43
0.5	0.43	1 分鐘	9.9	6.51	0.46
0.47	0.4	1 分鐘	12.2	9.98	0.43
0.53	0.38	1 分鐘	17.1	13.11	0.42
0.5	0.46	1 分鐘	14.2	12.27	0.47
0.46	0.44	1 分鐘	16.1	22.97	0.47
0.6	0.56	1 分鐘	14.3	31.57	0.41
0.63	0.53	1 分鐘	12.2	39.39	0.43
0.565	0.46		14.79 公分	15.52	0.459

2. 無水-無砂紙-橫放

單位:秒和公分

	習作 111 本		斜坡角度	50 度	
人字拖鞋	藍白拖鞋	黃色室內拖	公分	珠光皮拖鞋	橡膠人字拖
0.36	0.43	1 分鐘	14.5	39.14	0.53
0.54	0.27	1 分鐘	9.9	28.17	0.45
0.78	0.38	1 分鐘	7	37.36	0.32
0.48	0.8	1 分鐘	11.1	21.46	0.6
0.75	0.6	1 分鐘	13.9	29.19	0.55
0.65	0.46	1 分鐘	10.3	33.3	0.65
0.61	0.53	1 分鐘	10	27.27	0.68
0.67	0.53	1 分鐘	9	29.89	0.45
0.68	0.65	1 分鐘	11.7	31.79	0.63
0.75	0.66	1 分鐘	7.2	29.38	0.45
0.627	0.531		10.46	30.695	0.531

3.水 1 次-無砂紙-直放

單位:秒

		噴水 1 次	直放	50 度
人字拖鞋	藍白拖鞋	黃色室內拖	珠光皮拖鞋	橡膠人字拖
1	2	3	4	5
23.7	0.62	40.92	10.76	1.23
2.35	0.73	35.45	9.9	0.46
1.37	0.55	20.1	13.31	0.35
0.63	0.53	56.73	15.87	0.32
7.5	0.82	16.21	40.1	0.36
0.93	0.63	20.5	51.08	0.36
1.13	0.5	35.23	46.83	0.36
0.78	0.63	23.6	49.43	0.34
0.89	0.46	24.21	34.98	0.36
0.81	0.43	16.98	60	0.36
4.009	0.59	28.993	33.226	0.45

4.水 1 次-無砂紙-橫放

單位:秒

	噴水 1 次	橫放	50 度	
人字拖鞋	藍白拖鞋	黃色室內拖	珠光皮拖鞋	橡膠人字拖
46.31	9.34	17.77	7.93	0.95
7.81	0.81	14.45	8.3	7.04
1.31	0.79	16.88	4.66	0.53
0.98	0.78	28.95	1.27	0.72
0.71	0.63	9	1.71	0.64
0.71	0.76	22	1.9	0.63
1.65	0.73	19.13	1.73	0.63
0.96	0.5	9.97	0.93	0.54
1.07	0.64	15.03	0.8	0.48
0.75	0.7	21.38	1.78	0.51
6.226	1.568	17.456	3.101	12.67

5. 無水-有砂紙-直放

單位:秒和公分

		砂紙	直放		50 度
人字拖鞋	藍白拖鞋	黃色室內拖	珠光皮拖鞋	公分	橡膠人字拖
0.75	1.1	1.28	一分鐘	11.09	0.81
0.77	1.24	1.06	一分鐘	13.01	0.75
0.58	1.05	1.03	一分鐘	15.09	0.58
0.6	1.46	1.05	一分鐘	15.04	0.87
0.66	1.33	0.86	一分鐘	16.09	0.67
0.86	1.38	0.88	一分鐘	12.08	0.61
0.55	1.35	1.26	一分鐘	15	0.77
0.53	1.43	1.08	一分鐘	17	0.7
0.83	1.5	0.87	一分鐘	17.3	0.66
0.91	1.35	0.9	一分鐘	17.8	0.86
0.704	1.319	1.027		14.95	0.728

6. 無水-有砂紙-橫放

單位:秒

		砂紙	橫放		50 度
人字拖鞋	藍白拖鞋	黃色室內拖	珠光皮拖鞋	公分	橡膠人字拖
1.06	1.46	3.11	一分鐘	13.1	0.71
0.97	1.6	1.31	一分鐘	11	0.86
1.03	1.06	1.11	一分鐘	13.9	0.81
0.83	0.96	1.07	一分鐘	13.3	0.76
0.93	0.88	1.02	一分鐘	11.9	0.83
0.68	1.16	1.45	一分鐘	11.2	1.01
0.95	1.25	1.06	一分鐘	13.3	1.06
0.8	1.28	1.13	一分鐘	14.7	0.86
0.75	1.07	0.52	一分鐘	13.1	0.87
1.1	0.78	1.05	一分鐘	12.4	0.87
0.91	1.15	1.283		12.79	0.864

7.水 1 次-有砂紙-直放

單位:秒和公分

				砂紙	噴水 1 次	直放	50 度	
人字拖鞋	公分	藍白拖鞋	公分	黃色室內拖	珠光皮拖鞋	公分	橡膠人字拖	公分
1 分鐘	不動	1 分鐘	7.9	0.59	1.29		1 分鐘	0.6
1 分鐘	不動	1.46		0.5	1.33		1 分鐘	4.6
1 分鐘	1.5	1 分鐘	7.2	0.66	2.06		1 分鐘	1.3
0.73		1.98		0.65	27.93		0.76	
0.77		4.05		0.73	34.54		0.91	
0.7		1.38		0.55	1 分鐘		0.63	
0.76		1.35		0.73	1 分鐘	28.1	0.71	
0.72		1.16		0.72	1 分鐘	15.3	1.05	
0.73		5.56		0.69	1 分鐘	13.9	0.78	
0.61		17.03		0.51	1 分鐘	14.8	0.83	
0.717143	1.5	4.644286	7.55	0.633	13.43	18.025	0.81	2.166667

8.水 1 次-有砂紙-橫放

單位:秒和公分

			砂紙	噴水 1 次	橫放	50 度
人字拖鞋	藍白拖鞋	公分	黃色室內拖	珠光皮拖鞋	公分	橡膠人字拖
0.86	1 分鐘	不動	0.96	1.98		4.51
1.07	1 分鐘	3.5	1.22	1.22		1.9
0.68	1 分鐘	2.6	0.78	5.1		1.26
0.7	1 分鐘	不動	0.63	1 分鐘	32.7	0.98
0.85	1 分鐘	不動	1.16		31.56	1.07
0.8	1 分鐘	16.7	0.73		22.76	0.96
0.78	1 分鐘		0.58		45.57	1.23
0.71	17.82		0.76	1 分鐘	40.1	0.77
0.68	23.5		0.91	1 分鐘	13.1	1.46
0.98		16.9	0.8	1 分鐘	32.9	1.36
0.811	20.66	9.925	0.853	2.766667	31.24143	1.55

9.水 5 次-無砂紙-直放

單位:秒和公分

噴水 5 次		直放		50 度		無砂紙			
人字拖鞋	公分	藍白拖鞋	公分	黃色室內拖	公分	珠光皮拖鞋	公分	橡膠人字拖	公分
1 分鐘	20	1.1		1 分鐘	22.1	57		1 分鐘	10.2
1 分鐘	13.4	0.78		1 分鐘	38.5	0.5		1 分鐘	8
1 分鐘	13.1	0.63		33.16		0.41		1 分鐘	8.5
1 分鐘	14.3	15.08		30.93		0.46		1 分鐘	11.1
1 分鐘	13	0.78		1 分鐘	20	0.45		1 分鐘	9.5
1 分鐘	12	1		1 分鐘	14	21		1 分鐘	10
1 分鐘	12.7	0.81		55		1.01		26.42	
1 分鐘	10.2	1.07		1 分鐘	27	1 分鐘	19.5	2.24	
1 分鐘	9.5	1 分鐘	36	1 分鐘	49.2	38		1.97	
1 分鐘	9.2	59.46		55		1 分鐘	14	1	
	12.74	8.967778	36	43.5225	28.47	14.85375	16.75	7.9075	9.55

10.水 5 次-無砂紙-直放

單位:秒和公分

噴水 5 次		橫放		50 度		無砂紙	
人字拖鞋	公分	藍白拖鞋	黃色室內拖	公分	珠光皮拖鞋	橡膠人字拖	公分
一分鐘	11	0.6	一分鐘	37	5.56	一分鐘	3
一分鐘	12	0.38	0.91		0.83	一分鐘	4
一分鐘	13.9	0.43	15.1		0.43	一分鐘	3.2
一分鐘	14	0.48	6.63		0.75	一分鐘	2.8
一分鐘	13	0.67	26.2		0.46	一分鐘	2.6
一分鐘	12.1	0.4	20.13		0.55	一分鐘	7.6
一分鐘	12	1.15	17.9		0.48	一分鐘	5
一分鐘	12.5	3.6	17.11		0.55	一分鐘	2.7
一分鐘	12	0.5	38.83		12.23	一分鐘	7.4
一分鐘	11.3	0.68	一分鐘	38.2	0.38	一分鐘	5.3
	12.38	0.889	17.85125		2.222		4.36

11.水 5 次-有砂紙-直放

單位:秒和公分

噴水 5 次		直放		50 度		砂紙
人字拖鞋	公分	藍白拖鞋	黃色室內拖	珠光皮拖鞋	橡膠人字拖	公分
1 分鐘	0.4	3.13	0.67	1.24	1 分鐘	不動
1 分鐘	不動	1.2	0.95	1.55	1 分鐘	4
1 分鐘	0.6	1.16	0.96	1.38	1 分鐘	19.5
1 分鐘	1.4	1.05	0.71	1.29	1.29	
1 分鐘	不動	0.86	0.74	1.29	0.91	
1 分鐘	不動	0.79	0.63	1.52	1.18	
1 分鐘	不動	1.68	0.64	1.32	1.05	
1 分鐘	不動	1.02	0.6	1.39	1.35	
1 分鐘	0.1	1.15	0.56	1.05	0.76	
1 分鐘	不動	0.88	0.7	1.02	0.84	
	0.625	1.292	0.716	1.305	1.05428571	11.75

12.水 5 次-有砂紙-橫放

單位:秒和公分

噴水 5 次	橫放		50 度		砂紙		
人字拖鞋	藍白拖鞋	公分	黃色室內拖	珠光皮拖鞋	公分	橡膠人字拖	公分
1.18	1 分鐘	不動	0.81	1 分鐘	1.3	1 分鐘	16.4
1.09	1 分鐘	不動	0.73	1 分鐘	2.2	1 分鐘	21.1
1.24	1 分鐘	0.6	0.68	1 分鐘	3.6	2.72	
0.86	1 分鐘	不動	0.57	1 分鐘	16.7	3.43	
1.63	1 分鐘	0.5	0.7	3.45		1.6	
1.19	1 分鐘	1	0.66	0.86		1.22	
1.7	1 分鐘	3.2	0.45	1.01		1.35	
1.09	1 分鐘	4.6	0.36	4.59		1.75	
0.76	1 分鐘	4.5	0.46	2.31		1.36	
1.06	1 分鐘	0.9	0.68	4.72		1.17	
1.18		2.185714	0.61	2.82333333	5.95	1.825	18.75

陸、討論

一、實驗一：

- (一).大型長尾夾、報刊夾等，都無法承受過多習作重量而掉下，改用打孔穿洞掛上掛鉤，克服夾子滑掉的問題，才能測量紙張之間的摩擦力。
- (二).紙張長度都是 20 公分下，承受重量大小排序為：
寬度 12 公分互夾 > .10 公分互夾 > 5 公分互夾。
- (三). 0.24mm 影印紙在寬度 12 公分互夾中，可以承受 93 本習作，摩擦力最大。
- (四).報紙與 0.1mm 影印紙在寬度 5 公分互夾中，只能承受 2 公克，摩擦力最小。
- (五).紙張互夾寬度相同時，0.24mm 影印紙都比 0.1mm 影印紙所承受重量重，厚度會影響摩擦力大小。

二、實驗二：

- (一).九種不同的紙張，摩擦力比較大的前三名是報紙 > 0.1mm 影印紙 > 圖畫紙。
- (二). 0.19mm 影印紙摩擦力最小，因為下滑時間是所有紙中最少。
- (三).九種紙中摩擦力最大與最小秒數相差約 2 秒而已，因此實驗要很仔細。

三、實驗三：

- (一).報紙在實驗一中是摩擦力最大的紙張，但在實驗二紋路測試不用來作為紋路是因為報紙的字數不一定，字的筆劃有多有少，剪成紋路油墨分佈不一定平均，因此改用摩擦力第二名的 0.1mm 影印紙，來做各式紋路。
- (二).底層紙張是選用九種紙中摩擦力最小的 0.19mm 影印紙，貼上紋路來增加表面摩擦力。
- (三). 0.1mm 影印紙的紋路貼在 0.19mm 影印紙上有效果，各種紋路都讓表面摩擦力都增加。原本在實驗一 0.19mm 影印紙測出的平均時間 0.955 秒，貼上紋路後，其中最快秒數為 1.234 秒(10 平方公分 6 條橫貼)，都大於原本的 0.955 秒，摩擦力變大了是紋路造成的影響。
- (四).所有紋路中，摩擦力最大是 5 平方公分(10 條)，排成直排造成。
- (五).所有紋路中，摩擦力最小是 10 平方公分(6 條)，排成橫排造成。
- (六).各種紋路試驗，摩擦力有越來越大趨勢，第十次測試的摩擦力，都比第一次測試大，紙張表面越滑越粗糙。
- (七).改用不易起毛邊的銀箔紙實驗對照，發現銀箔紙下滑時間都很接近，但貼其它紋路，表面逐漸變粗糙，下滑時間變長，摩擦力增大。
- (八) 同樣紋路，直排紋路比橫排下滑時間多，代表直貼摩擦力比較大。

四、實驗四：

- (一).在無水、無砂紙(光滑面)、直放(紋路原方向)下，摩擦力最大是黃色室內拖鞋，藍白拖鞋與橡膠人字拖鞋的摩擦力最小。
- (二).在無水、無砂紙(光滑面)、橫放(紋路轉 90 度)下，摩擦力最大是黃色室內拖鞋，藍白拖鞋與橡膠人字拖鞋的摩擦力最小。
- (三).在噴水 1 次、無砂紙(光滑面)、直放(紋路原方向)下，摩擦力最大是珠光皮拖鞋，橡膠人字拖鞋的摩擦力最小。
- (四).在噴水 1 次、無砂紙(光滑面)、橫放(紋路轉 90 度)下，摩擦力最大是黃色室內拖鞋，藍白拖鞋的摩擦力最小。
- (五).在無水、有砂紙(粗糙面)、直放(紋路原方向)下，摩擦力最大是珠光皮拖鞋，人字拖鞋和橡膠人字拖鞋的摩擦力最小。
- (六).在無水、有砂紙(粗糙面)、橫放(紋路轉 90 度)下，摩擦力最大是珠光皮拖鞋，橡膠人字拖鞋的摩擦力最小。
- (七).在噴水 1 次、有砂紙(粗糙面)、直放(紋路原方向)下，摩擦力最小是黃色室內拖鞋，而珠光皮拖鞋，人字拖鞋和橡膠人字拖鞋在水未流失時，摩擦力較大。
- (八).在噴水 1 次、有砂紙(粗糙面)、橫放(紋路轉 90 度)下，摩擦力最大是藍白拖鞋，人字拖鞋、黃色室內拖鞋的摩擦力最小。
- (九).在噴水 5 次、無砂紙(光滑面)、直放(紋路原方向)下，摩擦力最大是橡膠人字拖鞋，但實驗次數增多時摩擦力變小，反而第二名人字拖鞋最穩定，藍白拖鞋的摩擦力最小。
- (十).在噴水 5 次、無砂紙(光滑面)、橫放(紋路轉 90 度)，摩擦力最大是橡膠人字拖鞋，藍白拖鞋的摩擦力最小。
- (十一).在噴水 5 次、有砂紙(粗糙面)、直放(紋路原方向)下，摩擦力最大是人字拖鞋，黃色室內拖鞋的摩擦力最小。
- (十二).在噴水 5 次、有砂紙(粗糙面)、橫放(紋路轉 90 度)，摩擦力最大是藍白拖鞋，黃色室內拖鞋的摩擦力最小。

柒、結論

- 一、夾紙實驗，紙張材質相同，所夾面積較大者，摩擦力較大。
- 二、0.24mm 影印紙在長 20 公分、寬 12 公分時互夾，可承受重量最多，摩擦力最大。
- 三、報紙和 0.1mm 影印紙在長 20 公分、寬 5 公分互夾，可承受重量最少，摩擦力最小。
- 四、紙張厚度影響摩擦力，各種測試 0.24mm 影印紙都比 0.1mm 影印紙承受重量多。
- 五、單張紙斜坡(25 度)測試，報紙摩擦力最大，0.19mm 影印紙摩擦力最小。
- 六、單張紙斜坡(25 度)測試，表面無紋路或墨漬的單張紙，0.1mm 影印紙摩擦力最大。
- 七、紋路會影響紙張摩擦力，摩擦力最小的 0.19mm 影印紙貼各種紋路後，摩擦力變大。
- 八、所有紋路中，摩擦力最大是由 5 平方公分(10 條)，直排貼成的紋路。
- 九、所有紋路中，摩擦力最小是由 10 平方公分(6 條)，橫排貼成的紋路。
- 十、直排式的紋路比橫排式的紋路產生的摩擦力大。
- 十一、各種紋路測試，會出現摩擦力隨實驗次數增多而變大。
- 十二、鞋底原本紋路在粗糙面下，噴水量較多(5cc)時，人字拖鞋摩擦力最大；未噴水時，珠光皮拖鞋摩擦力較大。
- 十三、鞋底原本紋路在光滑面下，噴水量較多(5cc)，橡膠人字拖鞋摩擦力最大；未噴水時，黃色室內拖鞋摩擦力較大。
- 十四、原本紋路轉 90 度，在粗糙面下，噴水較多(5cc)時，藍白拖鞋摩擦力大；未噴水，珠光皮拖鞋摩擦力較大。
- 十五、原本紋路轉 90 度，在光滑面下，噴水較多(5cc)時，橡膠人字拖鞋摩擦力大；未噴水，黃色室內拖鞋摩擦力較大。

捌、參考資料及其他

- 一、五上南一版自然與生活科技第四單元
- 二、《超級小英雄》科學小實驗 神奇的摩擦力
<https://www.youtube.com/watch?v=aTakZ4WULEw>
- 三、【生活裡的科學】20151224 - 摩擦力
<https://www.youtube.com/watch?v=mT1lBNsVnts>

【評語】 080114

能從教材及生活中的主題延伸，佳；惟對於摩擦力的分析、測量，可以有更簡潔的思考方向。