

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 物理科

080105

有趣的果凍效應

學校名稱：臺北市大同區永樂國民小學

作者： 小五 陳韋典 小五 許字廷 小六 莊庭睿 小四 沈芸湘	指導老師： 楊馥綺 陳毓婕
---	---------------------

關鍵詞：果凍效應、捲簾快門、攝影

摘要

搭高鐵時，用手機拍攝風景，發現窗外的柱子竟然變成斜的？網路上搜尋，這種現象，被稱為果凍效應。

本研究探討：在高鐵上，手機如何能拍到柱子傾斜？在月台上，拍攝移動的高鐵，觀察車窗變化？可否使用影印機，來模擬捲簾快門？如何推測相機快門的掃描方向？車速是否影響目標物傾斜的角度？光線強弱，是否影響果凍效應的拍攝？

實驗後發現：

- 一、在移動的高鐵上，將手機橫向拍攝，可拍到柱子傾斜。
- 二、在月台上，拍攝移動的高鐵，發現手機橫向拍攝時，車窗會傾斜。
- 三、可使用影印機，模擬捲簾快門。
- 四、可利用「自製角度板」或「描點法」來推測相機快門的掃描方向。
- 五、車速越快，目標物傾斜的角度會越大。
- 六、光線充足時，才能拍到果凍效應現象。

壹.研究動機

有一天，我們全家搭高鐵到台中旅遊，一路上，天氣晴朗，風景優美，讓我忍不住，拿出手機拍攝窗外的風景，沒想到，竟發現一個奇怪的現象，軌道旁直立的柱子，怎麼都變成斜斜的？將手機轉個角度再拍一次，柱子傾斜的現象卻不見了，為什麼會這樣？我感到很困惑？

上網搜尋，發現這種現象，被稱為果凍效應，我很好奇，為什麼柱子會傾斜？車速越快，柱子會越傾斜嗎？生活中還有哪些果凍效應？為了解除心中的疑惑，我邀請了我的好朋友，一起來研究這個問題，據我們所知，在歷屆科展作品中，並沒有果凍效應的研究，網路上，也只找到果凍效應的神奇照片，因此，更加誘發我們的研究興趣，希望透過這個研究，一窺果凍效應的秘密。

教學相關單元：奇妙的光、交通工具與能源、力與運動。

貳.研究目的

- 一.在移動的高鐵上，手機如何能拍到柱子傾斜的現象？
- 二.在靜止的月台上，拍攝移動的高鐵，觀察車窗所產生的變化？
- 三.研究可否使用影印機，來模擬捲簾快門，探討果凍效應？
- 四.研究如何推測相機快門的掃描方向？
- 五.比較車速是否影響車窗或柱子傾斜的角度？
- 六.研究光線強弱，是否影響果凍效應的拍攝？

參.研究設備器材

手機、手機腳架、高鐵、影印機、彩色筆、圖畫紙、透明投影片、奇異筆、小汽車圖卡、各色紙卡、切割墊、電風扇、日光燈、量角器、Dailyroads APP、尺、碼表。

肆.研究過程及結果

一、在移動的高鐵上，手機如何能拍到柱子傾斜的現象？

1.實驗裝置：手機、高鐵。

2.實驗方法：

(1)在移動的高鐵上，使用手機錄影，拍攝車窗外，軌道旁的柱子。

(2)拍攝影片時，手機方向分別為：0度(如圖 A)、順時針旋轉 90 度(如圖 B)、順時針旋轉 180 度(如圖 C)、順時針旋轉 270 度(如圖 D)。

(3)觀察並紀錄柱子的形狀變化。



0 度(直立)

圖 A



90 度(橫向)

圖 B



180 度(直立)

圖 C



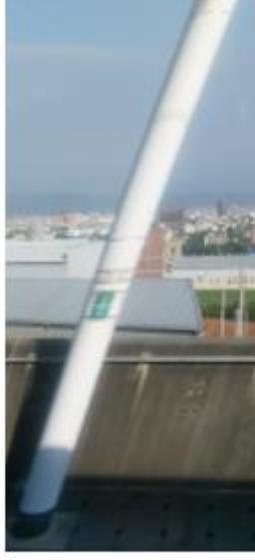
270 度(橫向)

圖 D

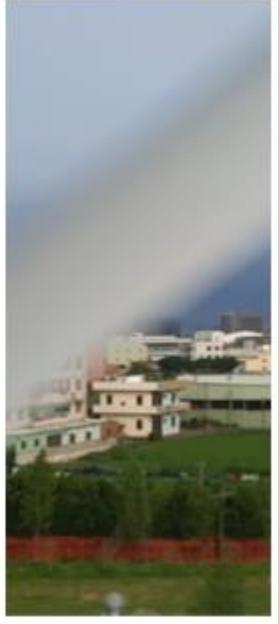
3.實驗結果：

柱子 形狀 次數	手機 角度	0度	90度	180度	270度
第1次		直立	傾斜	直立	傾斜
第2次		直立	傾斜	直立	傾斜
第3次		直立	傾斜	直立	傾斜
平均		直立	傾斜	直立	傾斜

◎由車廂內往窗外拍，高鐵行駛方向向左

手機 角度	0度	90度	180度	270度
柱子 形狀				

◎由車廂內往窗外拍，高鐵行駛方向向右

手機 角度	0 度	90 度	180 度	270 度
柱子 形狀				

上表中，向右的 90 度與 270 度圖片，因考慮表格大小、排版美觀與說明書頁數限制，所以僅呈現傾斜柱子的部分截圖，實際照片請見實驗日誌。

4.我們發現：

- (1)手機在順時針旋轉 90 度和 270 度時(如圖 B 和圖 D)，拍到的柱子會傾斜；而在 0 度和 180 度時(如圖 A 和圖 C)，柱子還是直立的。
- (2)也就是，手機在橫向拍攝時，柱子會傾斜；而直立拍攝時，柱子仍然保持直立。

5.實驗後的想法：

雖然，發現手機在橫向拍攝時，柱子會傾斜變形，但是，到底是什麼原因，讓柱子變傾斜？找了許多資料，都說是因為：「果凍效應」。

在維基百科上，對於「果凍效應」的定義如下：果凍效應是數位相機 CMOS 感光元件的一種效應，當使用電子快門來拍攝高速移動的物件時，原本垂直的物件拍攝出的畫面卻為傾斜甚至變形。原因是 CMOS 感光元件採用逐行掃描的曝光方式，產生的時間差導致畫面傾斜。

在科技大觀園網站中也提到，拍攝快速行進的汽車、直升機螺旋槳與電風扇的扇葉轉動，都會扭曲變形，也是一種果凍效應現象。這些資料，我們看了好幾遍，還是不太懂，於是去請教老師。

老師告訴我們：手機的相機使用「捲簾快門」的曝光方式，所謂「捲簾快門」就像是鐵捲門下降或升起一樣，一層一層的由下往上(或由上往下、由左往右、由右往左)的曝光方式，經由感光元件，一層一層轉換為電子訊號。因此，手機在拍攝物體時，不是同時把整個物體拍起來，而是以水平或垂直的掃描方式，分段把物體掃描進去，例如，用手機來拍一棵「聖誕樹」，當手機的掃描方向，是由上往下掃描時，捲簾快門會先從上方分段往下拍，再將每一段接起來，最後拼成一幅完整的畫面(如圖 E)，因此，一張照片的每一部份，拍攝前後是有時間差的，這些時間差，一般是感覺不出來，但是，當被拍攝物體的運動速度太快時，就會看到物體出現傾斜變形的情況(如圖 F)。

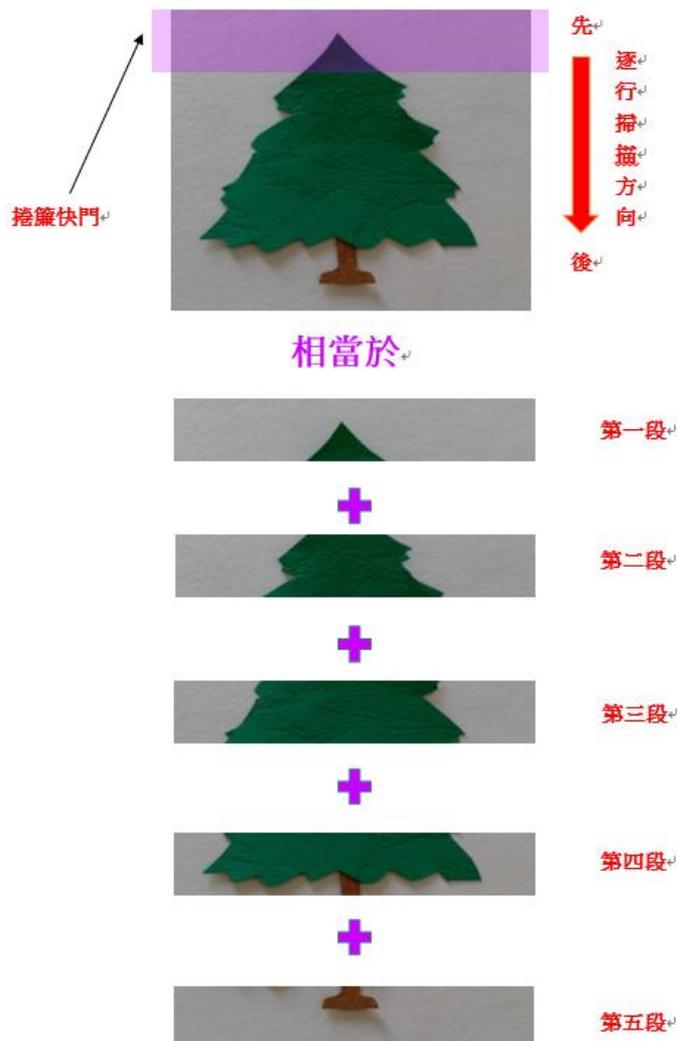


圖 E：分析手機如何拍攝聖誕樹(靜態的物體)

除了上面「聖誕樹」的例子之外，老師又再舉例「向右行駛的車子」，其掃描方向分為：由「上往下」(圖 F)與「由下往上」(圖 G)，來說明拍攝快速移動的物體時的狀況，例如：圖 F 是一輛向右行駛的車子，圖中的黃色長方形是捲簾快門，其掃描方向是由上往下。因為車子移動速度快，所以，快門有可能在從上往下掃描、讀取圖像的時候，每掃描一行，車子就往前移動了一些，再掃描一行，就又多移動了一些，所以，從上往下掃描下來，整個車子就會變傾斜。

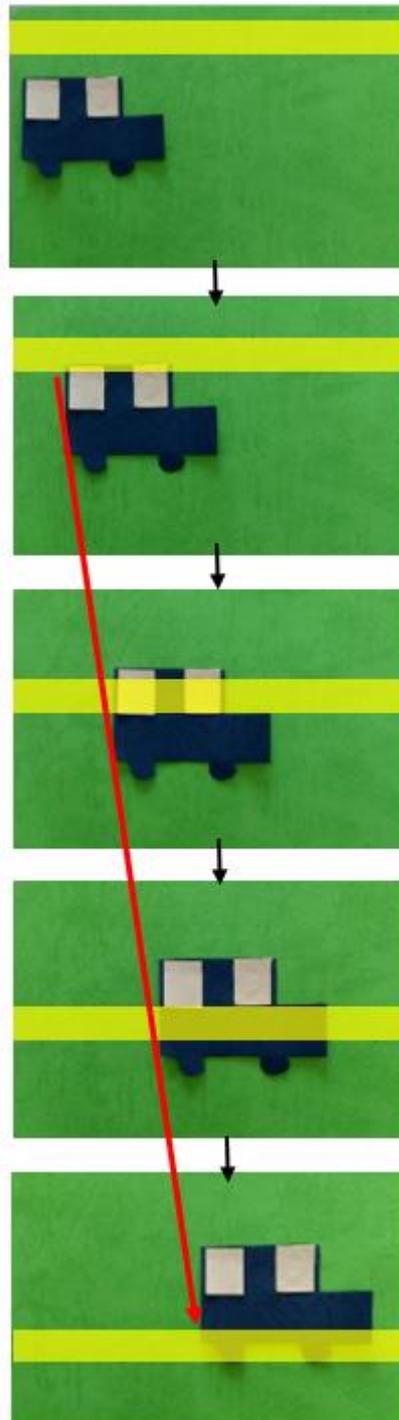


圖 F：分析手機如何「由上往下」掃描，拍攝向右行駛的車子(動態的物體)

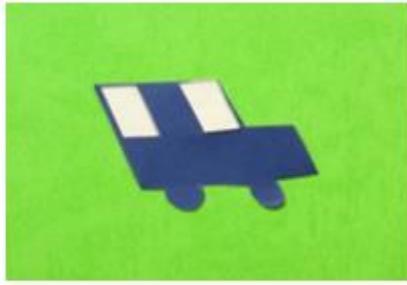


圖 F-1 預測拍到的畫面

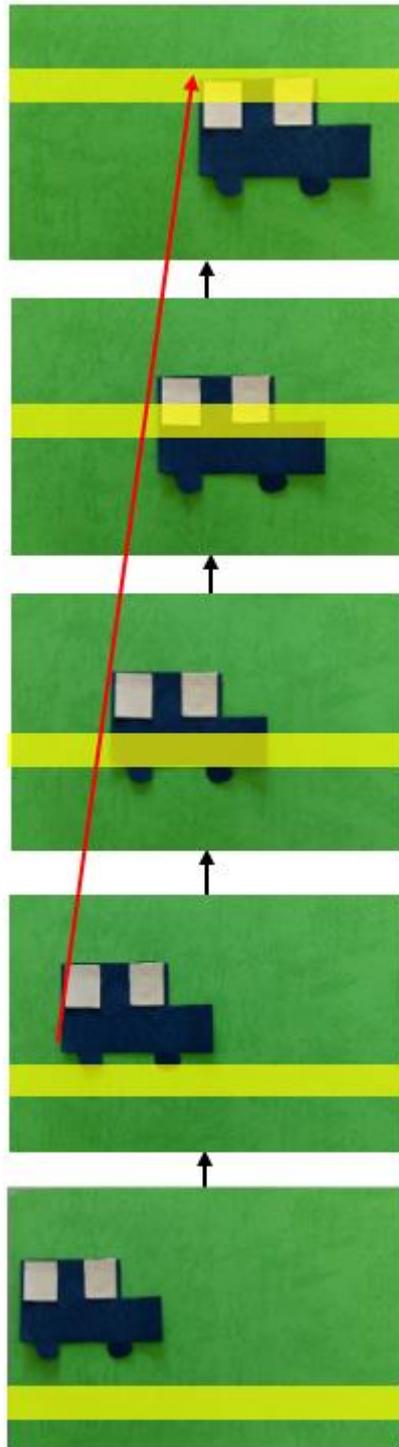


圖 G：分析手機如何「由下往上」掃描，拍攝向右行駛的車子(動態的物體)

圖 G：分析手機如何「由下往上」掃描，拍攝向右行駛的車子(動態的物體)

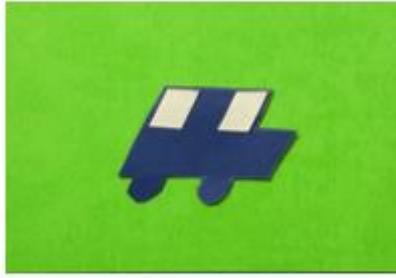


圖 G-1 預測拍到的畫面

因為快門在掃描物體的同時，物體也一直在挪動位置，物體就會產生傾斜現象，這就是電子快門帶來的果凍效應。

此外，雖然高鐵軌道旁的柱子是直立且固定在地面上，但是，因為高鐵移動速度快，使得柱子相對於手機，也是移動速度快，因此，在高速行駛的高鐵上，使用手機能拍到柱子傾斜的現象。

經由老師的說明，我們終於了解果凍效應的意思，也想更進一步研究果凍效應。

但是，我們發現，在移動的高鐵上可以拍攝到靜止的柱子產生傾斜，那在靜止的月台上拍攝移動的高鐵，是否也會有類似的現象呢？所以，我們做了下一個實驗。

二. 在靜止的月台上，拍攝移動的高鐵，觀察車窗所產生的變化？

1.實驗裝置：手機、手機腳架、高鐵。

2.實驗方法：

- (1)在高鐵月台上，將手機腳架固定在車頭附近的同一個位置，使用手機錄影，拍攝高鐵列車。
- (2)調整手機方向，分別為：0度(如圖 A)、順時針旋轉 90 度(如圖 B)、順時針旋轉 180 度(如圖 C)、順時針旋轉 270 度(如圖 D)。
- (3)觀察並紀錄車窗的形變狀況。



0 度(直立)

圖 A



90 度(橫向)

圖 B



180 度(直立)

圖 C



270 度(橫向)

圖 D

3.實驗結果：

(1)高鐵行駛方向：向左(←)

手機 角度	0 度	90 度	180 度	270 度
靜止 的 高鐵 車窗				
高速 行駛 的 高鐵 車窗	 說明：車窗變寬	 說明：車窗前傾	 說明：車窗變窄	 說明：車窗後傾

◎由上方資料，可歸納(1)在月台上拍攝向左(←)行駛的高鐵時，車窗變化情形：

車窗形狀次數	手機角度	0度	90度	180度	270度
第1次		直立(變寬)	傾斜(前傾)	直立(變窄)	傾斜(後傾)
第2次		直立(變寬)	傾斜(前傾)	直立(變窄)	傾斜(後傾)
第3次		直立(變寬)	傾斜(前傾)	直立(變窄)	傾斜(後傾)
平均		直立(變寬)	傾斜(前傾)	直立(變窄)	傾斜(後傾)

②高鐵行駛方向：向右(→)

手機角度	0度	90度	180度	270度
靜止的高鐵車窗				
高速行駛的高鐵車窗	 說明：車窗變窄	 說明：車窗前傾	 說明：車窗變寬	 說明：車窗後傾

◎由上方資料，可歸納(2)在月台上拍攝向右(→)行駛的高鐵時，車窗變化情形：

車窗形狀次數 手機角度	0度	90度	180度	270度
第1次	直立(變窄)	傾斜(前傾)	直立(變寬)	傾斜(後傾)
第2次	直立(變窄)	傾斜(前傾)	直立(變寬)	傾斜(後傾)
第3次	直立(變窄)	傾斜(前傾)	直立(變寬)	傾斜(後傾)
平均	直立(變窄)	傾斜(前傾)	直立(變寬)	傾斜(後傾)

4.我們發現：

- (1)在靜止的月台上，拍攝移動的高鐵，發現影像更穩定，變化更明顯。
- (2)在靜止的高鐵月台上，拍攝移動的高鐵車窗，發現手機橫向拍攝時，車窗會傾斜，而直立拍攝時，手機沒有傾斜現象。
- (3)車子移動方向不同時，得到的結果，雖然，不完全相同，但相似。
- (4)推測這和相機的快門掃描方向有關。

5.實驗後的想法：

那如何去判斷相機的快門掃描方向呢？和老師討論之後，將在下面二個實驗中，探討這個問題。

三、研究可否使用影印機，來模擬捲簾快門，探討果凍效應？

1.實驗裝置：影印機、黑色有洞紙卡、圖畫紙。

2.實驗方法：

(1)準備黑色書面紙，剪出一個長方形紙卡，並在此紙卡上，打一個洞，標示記號(如圖 3-1)。

(2)將長方形紙卡，黏貼在圖畫紙上(如圖 3-2)。

(3)接著將圖 3-2 左右 180 度翻轉，讓圖案朝向影印機，準備影印。

(4)在按下影印鍵的同時，也用手來移動圖畫紙，移動方向，分別為：

- ①與影印機掃描的方向平行且逆向。
- ②與影印機掃描的方向平行且同向。
- ③與影印機掃描的方向垂直向上。
- ④與影印機掃描的方向垂直向下。



(5)比較影印前後，長方形圖案有何變化？

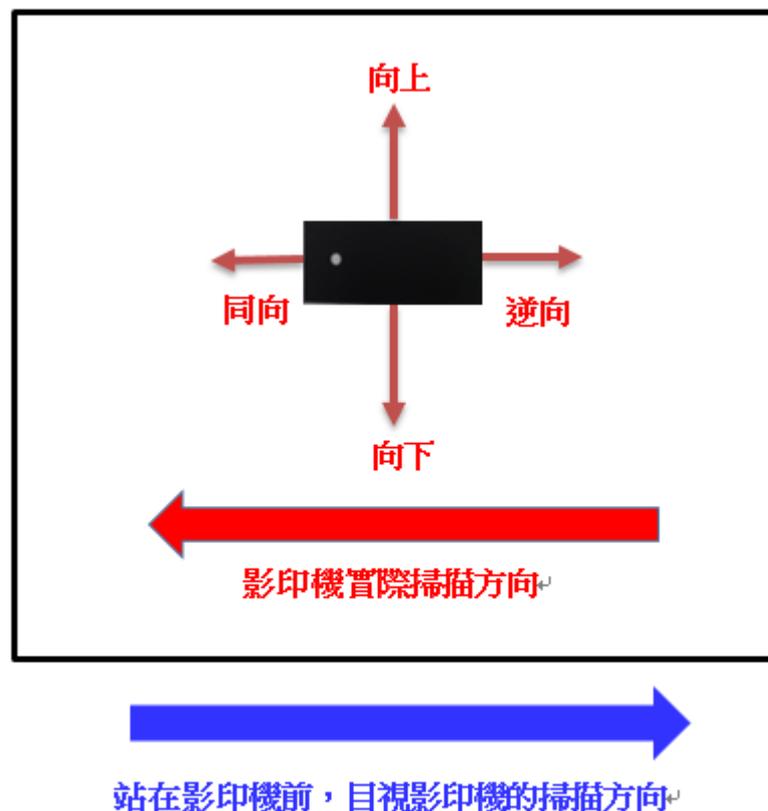
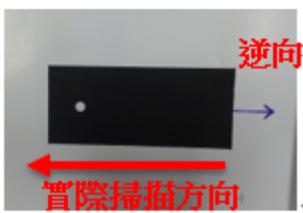
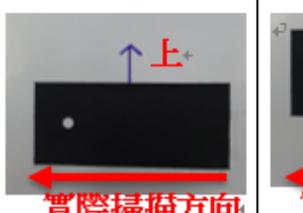
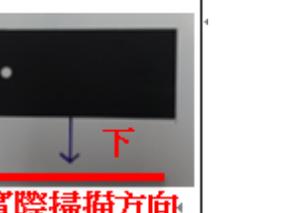
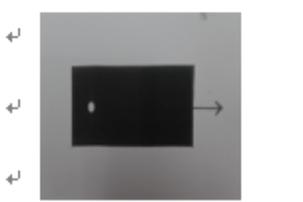
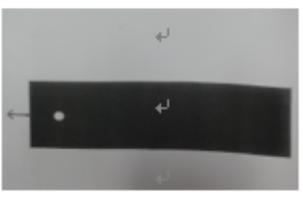
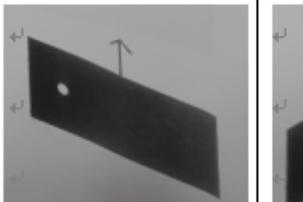
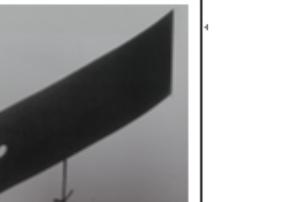


圖 3-2 在圖畫紙上黏貼長方形紙卡，並畫上箭號

3.實驗結果：

◎站在影印機前方，看到影印機掃描方向：向右()；因為須將圖卡左右翻轉 180 度，讓圖案朝向影印機，所以實際上，影印機的掃描方向，如下圖所示。

移動方向	①平行且逆向	②平行且同向	③垂直且向上	④垂直且向下
原圖				
操作說明	將圖畫紙左右 180 度翻面後，再按下影印鍵，同時移動圖畫紙，朝逆向的箭頭方向移動。	將圖畫紙左右 180 度翻面後，再按下影印鍵，同時移動圖畫紙，朝同向的箭頭方向移動。	將圖畫紙左右 180 度翻面後，再按下影印鍵，同時移動圖畫紙，朝向上的箭頭方向移動。	將圖畫紙左右 180 度翻面後，再按下影印鍵，同時移動圖畫紙，朝向下的箭頭方向移動。
影印出的圖形	 說明：變窄	 說明：變寬	 說明：變傾斜	 說明：變傾斜

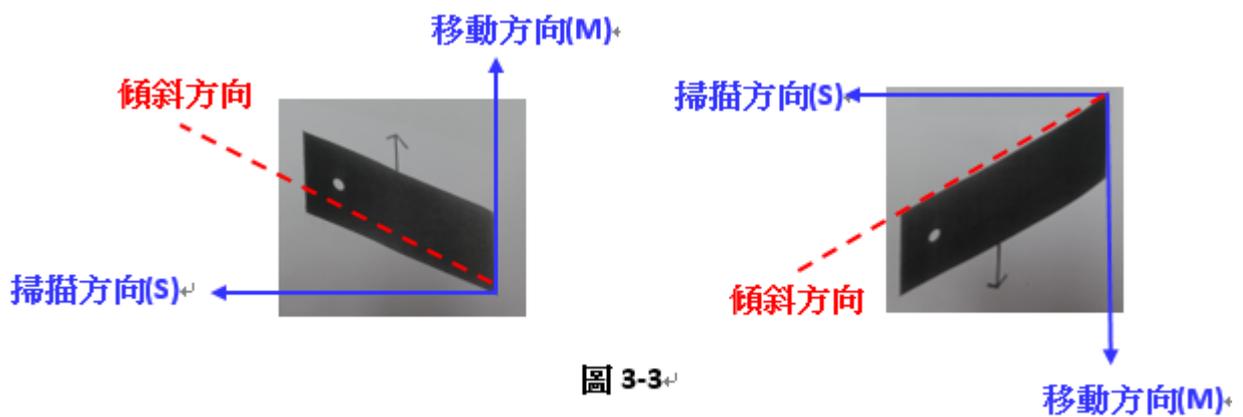
紙卡形狀次數	移動方向	與影印機掃描方向	與影印機掃描方向	與影印機掃描方向	與影印機掃描方向
		平行且逆向	平行且同向	垂直且向上	垂直且向下
第 1 次		直立(變窄)	直立(變寬)	傾斜	傾斜
第 2 次		直立(變窄)	直立(變寬)	傾斜	傾斜
第 3 次		直立(變窄)	直立(變寬)	傾斜	傾斜
平均		直立(變窄)	直立(變寬)	傾斜	傾斜

4.我們發現：

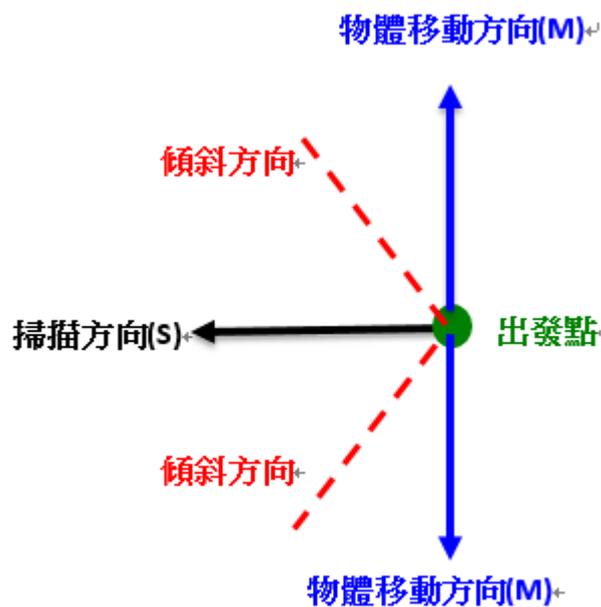
- (1)本實驗結果和實驗二結果有相似的變化。
- (2)當物體移動方向與影印機掃描方向同向時，圖像變寬。
- (3)當物體移動方向與影印機掃描方向逆向時，圖像變窄。
- (4)當物體移動方向與影印機掃描方向垂直時，圖像變傾斜。

5.實驗後的想法：

從實驗三的結果，我們發現物體移動方向和掃描方向垂直時，所產生的圖像傾斜狀況，似乎存在特定的關係，用圖 3-3 表示。



將圖卡移除後，可以用圖 3-4 來說明並判斷圖像的傾斜方向：



四、研究如何推測相機快門的掃描方向？

1.實驗裝置：方法 1：樹狀圖、畫上圖 3-4 的透明投影片(簡稱角度板)、行駛中的高鐵照片。

方法 2：透明投影片、小汽車圖卡、切割墊、奇異筆。

2.實驗方法：

(1)方法 1：①先用樹狀圖來判斷：

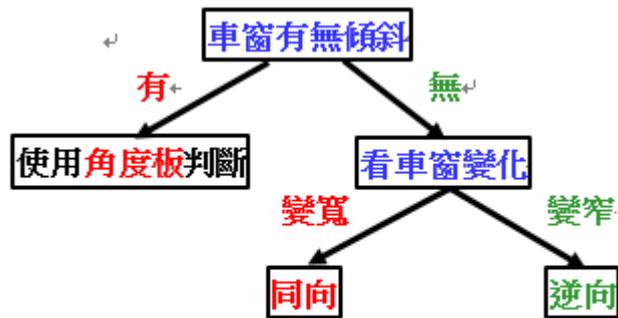


圖 4-1

②有傾斜，使用角度板來判斷：以在月台上，看到高鐵向左行駛為例，說明如下：



圖 4-2 如果高鐵行駛方向向左，則取最右方一點作為「基準點」，反之亦然。

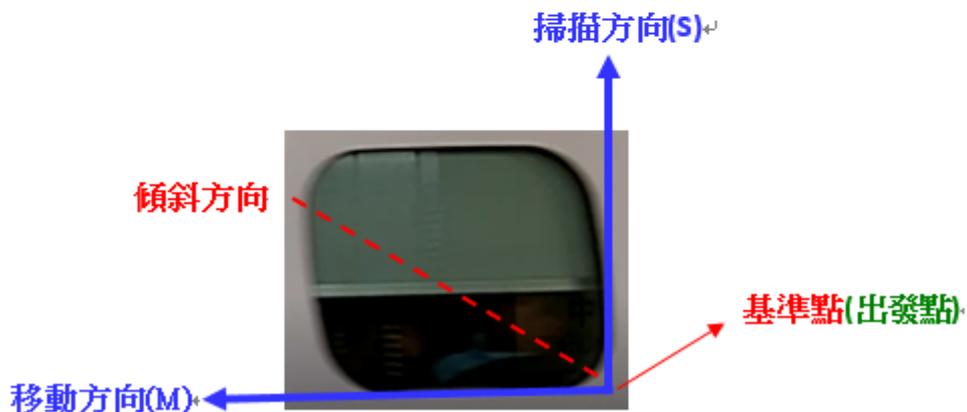


圖 4-3 將角度板的「出發點」置於「基準點」上，即可得出相機快門的掃描方向。

- (2)方法 2(描點法)：①自製小汽車圖卡一張，將小汽車圖卡放在切割墊上，圖卡上方，再放上一張透明片，依序描點，如圖 4-4 所示。
- ②將小汽車慢慢往左方或右方移動，每次前進一個小方格長度(1 公分)，假設每前進 1 小格，捲簾快門就往上或往下移動 2 個小方格，將每次掃描的位置描點做記號。
- ③最後將每個描點連接起來，就是手機可能拍到的圖像，由圖像的形狀變化，可推測手機快門的掃描方向。

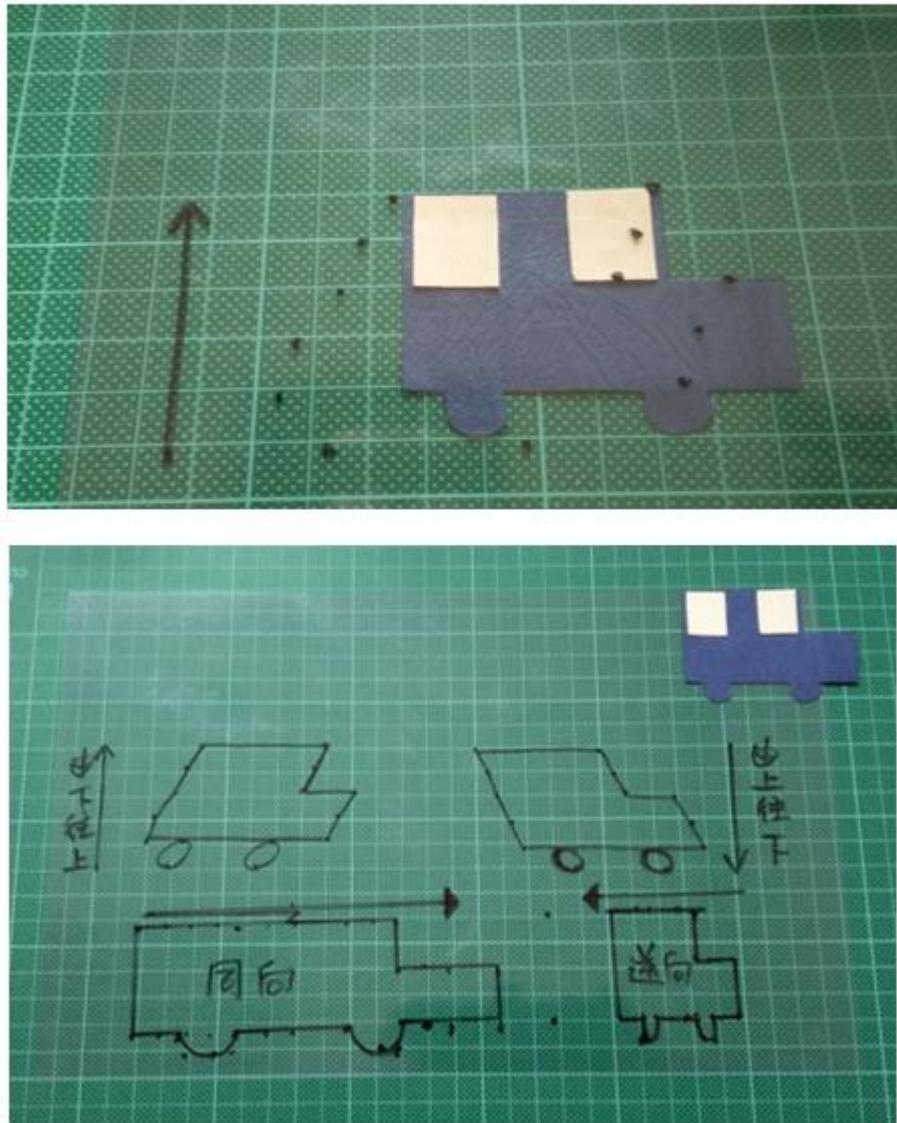
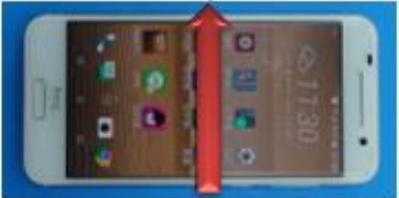


圖 4-4 描點法

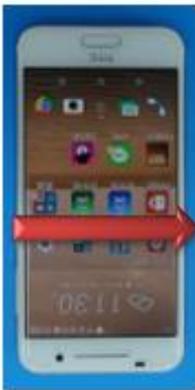
(上圖是以向右行駛的小汽車為例子來說明)

3.實驗結果：

(1)高鐵行駛方向：向左(←)

手機角度	高速行駛的高鐵車窗	方法1 結果	方法2 結果	推測快門掃描方向 (箭頭方向)
0度	 <p>說明：車窗變寬</p>	向左	向左	
90度	 <p>說明：車窗前傾</p>	向上	向上	
180度	 <p>說明：車窗變窄</p>	向右	向右	
270度	 <p>說明：車窗後傾</p>	向下	向下	

(2) 高鐵行駛方向：向右(→)

手機角度	高速行駛的高鐵車窗	方法 1 結果	方法 2 結果	推測快門掃描方向 (箭頭方向)
0 度	 <p>說明：車窗變窄</p>	向左	向左	
90 度	 <p>說明：車窗前傾</p>	向上	向上	
180 度	 <p>說明：車窗變寬</p>	向右	向右	
270 度	 <p>說明：車窗後傾</p>	向下	向下	

4.我們發現：

- (1) 2種方法都可以判斷相機快門的掃描方向。
- (2) 方法 1 較簡單節省時間，方法 2 必須花費較多時間來描點，以獲得結果，方法 1 似乎較為簡單且有效率。
- (3) 當物體移動方向與相機快門掃描方向同向時，圖像變寬。
- (4) 當物體移動方向與相機快門掃描方向逆向時，圖像變窄。
- (5) 當物體移動方向與相機快門掃描方向垂直時，圖像變傾斜。

5.實驗後的想法：

有同學提到，如果車速越快，是不是車窗傾斜角度越大？接下來，繼續探討這個問題。

五、比較車速是否影響車窗或柱子傾斜的角度？

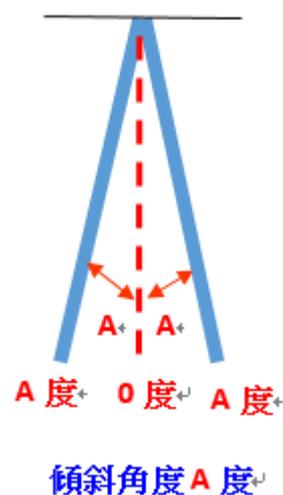
1.實驗裝置：高鐵、手機、腳架、量角器、DailyRoads APP。

2.實驗方法：

- (1) 在高鐵月台上，將手機腳架固定在同一個位置，使用手機錄影，拍攝高鐵列車車窗在不同車速時，車窗傾斜的角度。
- (2) 在移動的高鐵上，將手機腳架固定在窗台，使用手機錄影，觀察車速是否影響柱子傾斜的角度。
- (3) 再次使用實驗三的紙卡與影印機，使紙卡移動方向，與影印機掃描方向垂直，測量移動速度不同時，長方形圖案變化的情形。

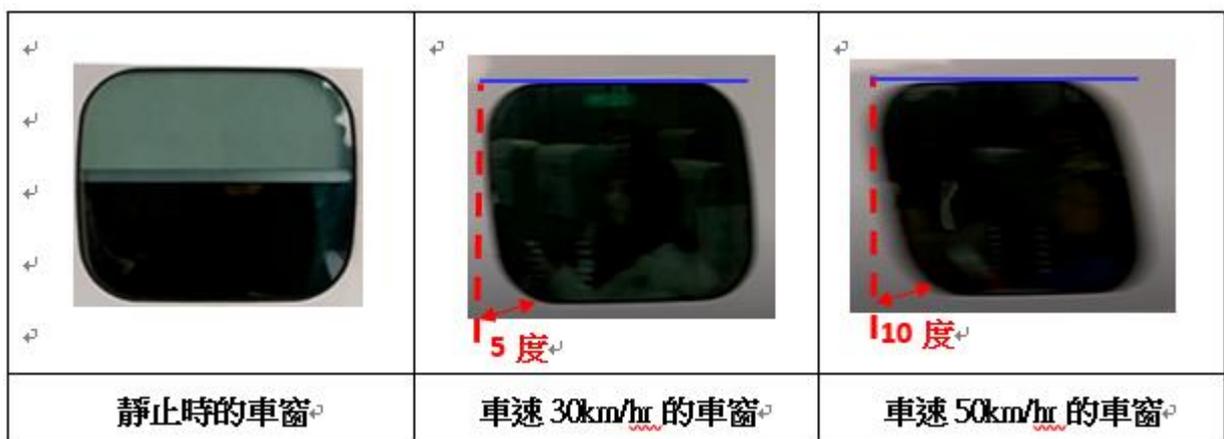
3.實驗結果：

(1) 拍攝移動的高鐵車窗



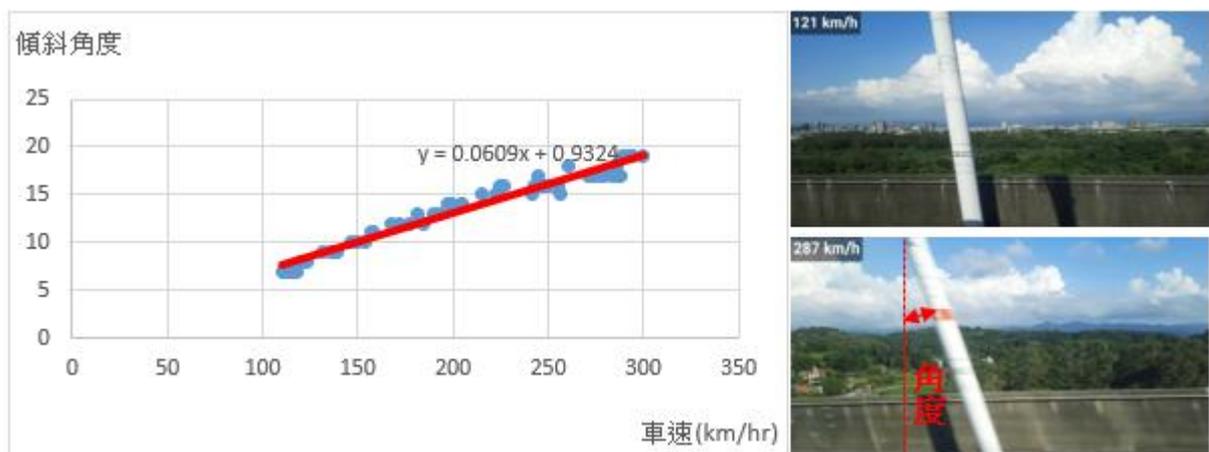
單位：度

傾斜 次數	車速 角度	0°	30km/hr	50km/hr
第1次		0°	5°	10°
第2次		0°	5°	10°
第3次		0°	5°	10°
平均		0°	5°	10°

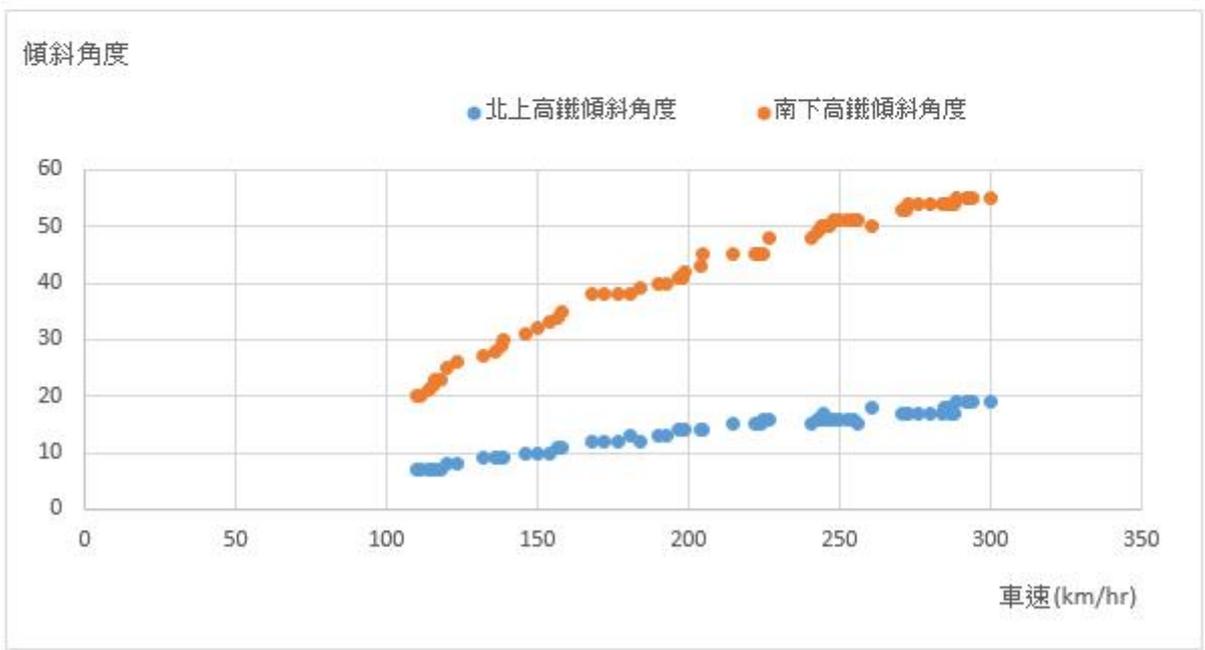
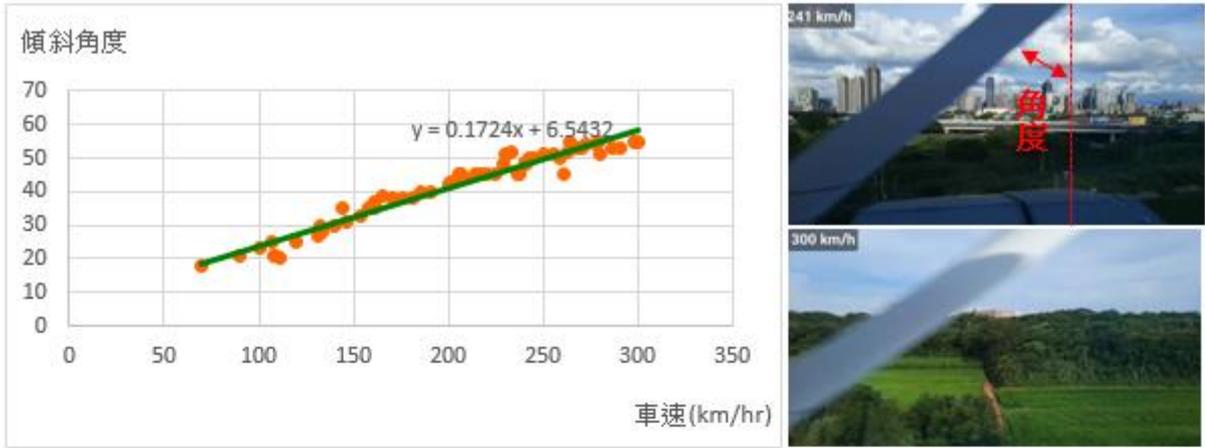


(2) 拍攝窗外的柱子(拍攝者座位在位置 E，圖說請參照 P27 討論五)

① 北上高鐵(拍攝距離較遠)



②南下高鐵(拍攝距離較近)

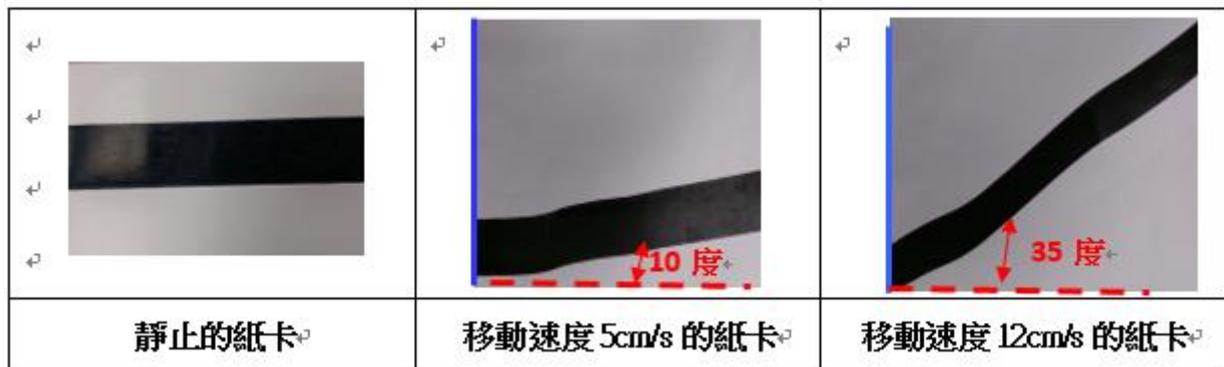


詳細數據請見實驗日誌!

(3)移動影印機上的紙卡

單位：度

傾斜角度 次數	移動速度 0°	5cm/s°	12cm/s°
第1次°	0°	10°	35°
第2次°	0°	10°	35°
第3次°	0°	10°	35°
平均°	0°	10°	35°



4.我們發現：

- (1)車速越快，車窗或柱子傾斜的角度都會越大；紙卡移動速度越快，傾斜的角度也越大。
- (2)拍攝距離會影響目標物傾斜的角度，距離越近，傾斜角度越大。
- (3)再次印證，利用影印機搭配人為移動紙卡，可模擬使用手機來拍攝快速移動的物體時，所產生的果凍效應現象。

5.實驗後的想法：

在高鐵上拍攝車窗外，軌道旁的柱子時，有時拍攝畫面清楚，有時畫面卻不清楚，經過我們觀察比對後，發現畫面清不清楚，好像和光線有關係，天氣晴朗，光線充足時，拍攝畫面清楚，陰天或雨天時，畫面模糊。

為了了解光線是否會影響果凍效應的拍攝？我們準備用具，繼續來探討這個問題。

六、比較光線強弱，是否影響果凍效應的拍攝？

1.實驗裝置：手機、電風扇、日光燈。

2.實驗方法：

- (1)將轉動的電風扇分別放在：室內(日光燈)、室外(陰影處)、室外(陽光下)。
- (2)使用手機拍攝轉動的電風扇。 (3)觀察並紀錄電風扇扇葉的影像。

3.實驗結果：

○：有果凍效應現象 ×：無果凍效應現象

果凍 狀 效 況 次 數	室內	室外	室外
	日光燈	陰影處	陽光下
第1次	×	×	○
第2次	×	×	○
第3次	×	×	○
平均	×	×	○

4.我們發現：

- (1)光線強弱會影響果凍效應的拍攝。
- (2)光線較弱的地方，拍攝轉動的扇葉，畫面模糊一片，而在光線強的地方，扇葉彎曲變形，推測原因：光線強的地點，相機會自動將快門時間縮到極短，快門快，才可捕捉到扇葉變形的果凍效應畫面，而當光線不夠時，快門慢，曝光時間長，會造成畫面模糊的現象。



光線強



光線弱

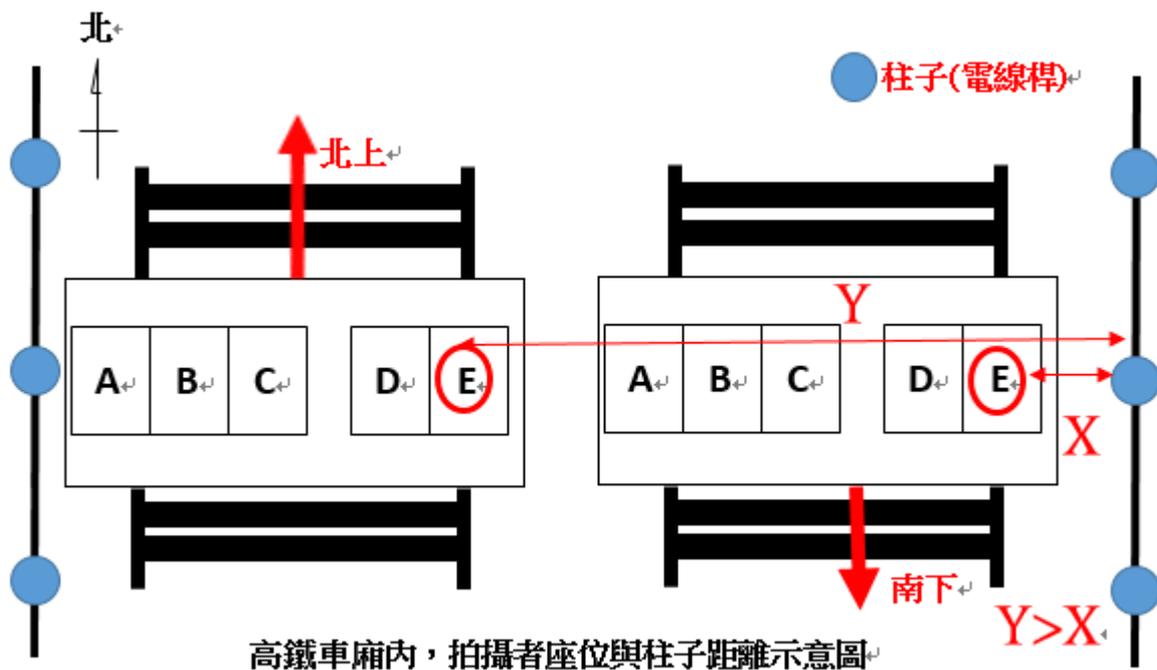
伍.討論

- 一.在月台上拍攝高鐵列車時，要注意安全，不可離軌道太近，且拍攝位置，建議固定在車頭，才能拍到不同車速的影片資料。
- 二.在實驗二比較高鐵車窗的形狀變化時，要避開第6車廂，因為第6車廂是商務車廂，不僅座位較其他車廂寬敞，其車窗也比其他車廂大。

三.為方便觀察物體的形狀變化，在實驗四進行描點時，將車子前進速度與捲簾快門掃描速度，定為 1：2。

四.進行本研究，宜選擇晴朗的好天氣，拍出的影片清晰度較高。

五.在進行實驗五，探討車速是否影響柱子傾斜角度時，無論北上或南下，我們拍攝的位置都在座位 E，將手機朝其旁邊窗外攝影，原因是，無論北上或南下，我們乘車的時間都在下午四點半左右，此時，太陽的位置在西邊，若在座位 A，朝其旁邊窗外攝影，會產生逆光現象，造成畫面不清楚，因此，決定拍攝位置都在 E 處。



六.實驗五為方便操作手機截圖功能及量測柱子傾斜角度，故控制手機掃描方向都是由上往下。

七.除了手機之外，未來，我們想要繼續研究，還有那些攝影器材，也可拍到柱子傾斜的現象？

陸.結論

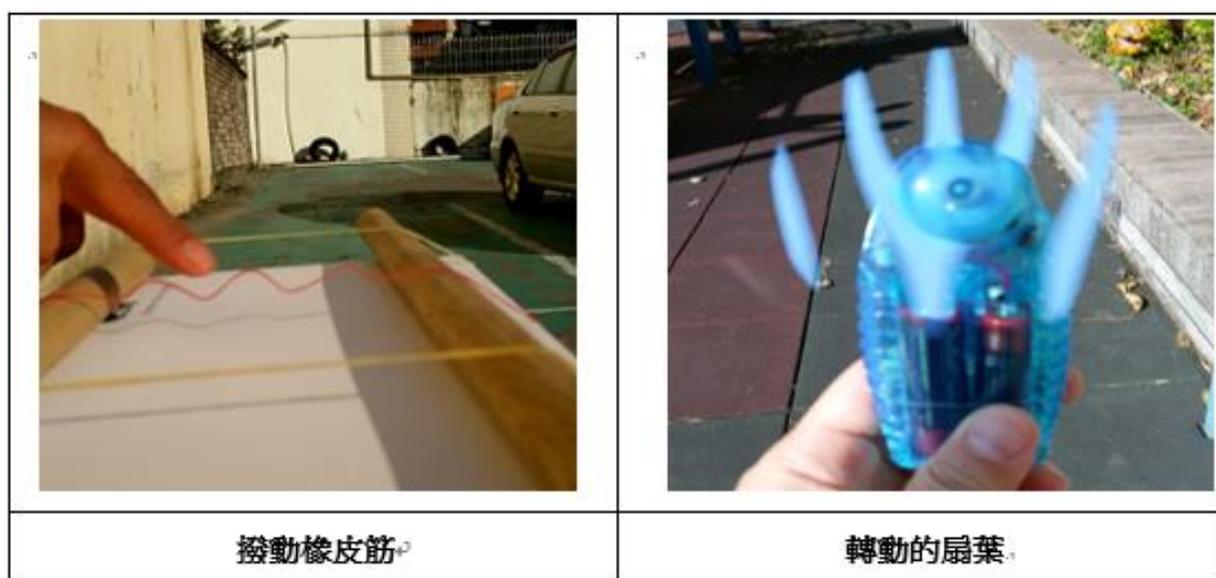
一、在移動的高鐵上，將手機橫向拍攝，可拍到柱子傾斜現象。

二、在靜止的高鐵月台上，拍攝移動的高鐵車窗，發現手機橫向拍攝時，車窗會傾斜，而直立拍攝時，手機沒有傾斜現象。

三、可以使用影印機，來模擬捲簾快門，探討果凍效應。

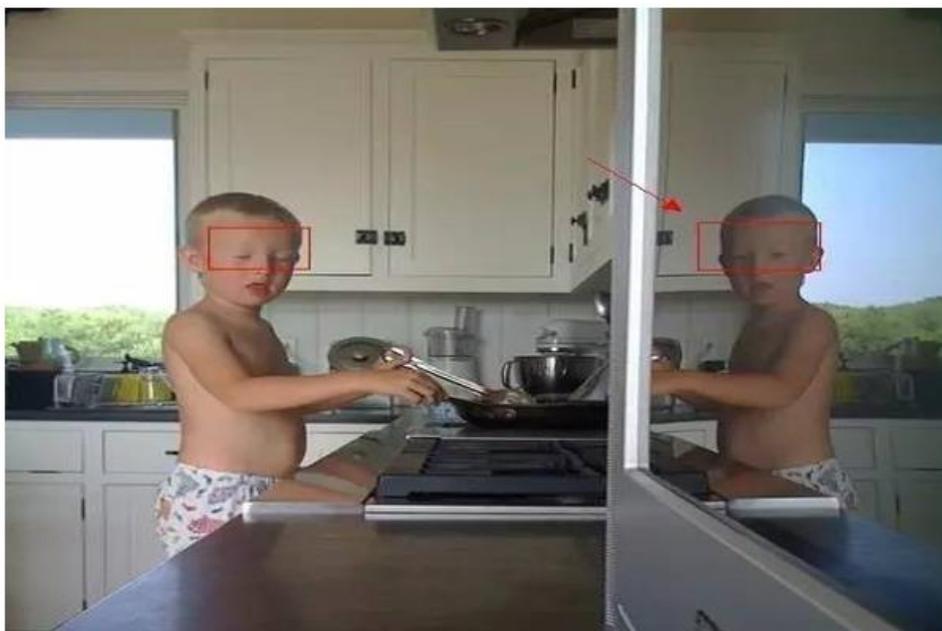
- 四、相機快門的掃描方向，可利用「自製角度板」或「描點法」來推測，當圖像變寬時，相機快門掃描方向與物體移動方向同向，當圖像變窄時，相機快門掃描方向與物體移動方向逆向，當圖像變傾斜時，相機快門掃描方向與物體移動方向垂直。
- 五、車速越快，車窗或柱子傾斜的角度都會越大；紙卡移動速度越快，傾斜的角度也越大。
- 六、光線充足時，才能拍到果凍效應現象。
- 七、本研究結果，在教學上，能拿來說明：「果凍效應」、「捲簾快門」、「時間差」等概念，進而提升科學素養，用途很廣。
- 八、透過本研究也可了解，手機除了打電話、上網、玩遊戲、拍照之外，還是科學實驗的好幫手。
- 九、從本研究我們也體會到：使用生活中簡單的物品，如：紙製小汽車、透明片、切割墊及自製「角度板」，就可以體會「果凍效應」、「捲簾快門」等科學的現象，並推測相機掃描方向，好玩、有趣又容易了解。
- 十、生活中還有許多有趣的果凍效應現象，如：撥動橡皮筋、轉動螺旋槳、旋轉的硬幣、移動的車子等，都可透過手機來觀察，網路上，眼睛開合的照片，也是一種透過捲簾快門拍到的奇妙現象，從中既可學到科學知識又讓人覺得神奇有趣，可多加推廣。

◎自行用手机拍攝到的照片：



	
<p>旋轉的硬幣</p>	<p>撥動直尺</p>
 <p>靜止的 指尖陀螺</p>	
<p>轉動的指尖陀螺</p>	<p>轉動的螺旋槳</p>

◎網路上有趣的照片：



左側小朋友是閉上雙眼，但右側電視螢幕上的倒影卻是睜開了眼睛，這有趣的照片並非靈異照片，也不是靠後製的合成照片，而是透過捲簾快門拍攝到的奇妙現象。
(網路資料，資料來源：http://k.sina.com.cn/article_1364882532_515a7464019002raf.html)

柒.參考資料

- 一.維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9E%9C%E5%87%8D%E6%95%88%E6%87%89>
- 二.跟著鄭大師玩科學 <https://www.masters.tw/18871/怪異的果凍效應>
- 三. 什麼是電子快門？ <https://kknews.cc/zh-tw/photography/nq3ex5g.html>
- 四.【Fun 科學】果凍效應 <https://www.youtube.com/channel/UCWYya0v8bpGyYr0ycqGXifVQ>
- 五.全域快門 改善果凍效應 <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sZVT.htm>

【評語】 080105

本作品主題為果凍效應，在移動的高鐵上，將手機橫向拍攝，可拍到柱子傾斜。

原因是手機 CMOS 感光元件採用逐行掃描的曝光方式，產生的時間差導致畫面傾斜，而現象網路上有非常多的資料可以參考。

雖然控制變因做得非常完整，現象觀察記錄得非常仔細。但是本作品大多只是現象觀察記錄的結果，未能有定量的分析，為作品美中不足之處。

壹、摘要：

在移動的高鐵上，手機橫向拍攝，可拍到柱子傾斜、在月台上，手機橫向拍攝，可拍到車窗傾斜，車速越快，目標物傾斜的角度會越大，可使用影印機，模擬捲簾快門、可利用「自製角度板」或「描點法」來推測相機快門的掃描方向。

貳、研究動機：

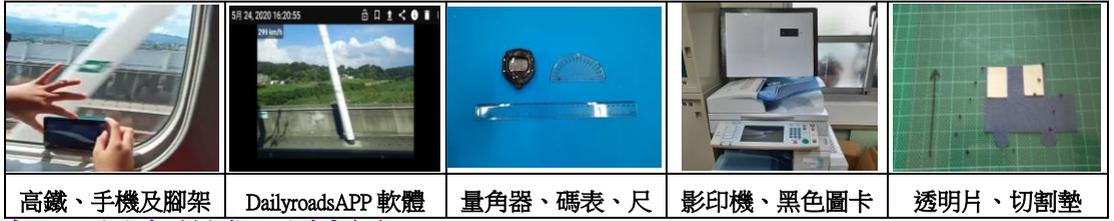
搭高鐵用手机拍攝風景，發現柱子，怎麼變成斜的？將手機轉個角度再拍，傾斜卻不見了，為何會這樣？上網搜尋，發現此為果凍效應現象，為何柱子會傾斜？車速越快，柱子會越傾斜嗎？生活中還有哪些果凍效應？我們幾個好朋友，一起研究這個問題。

教學相關單元：[奇妙的光、力與運動](#)、[交通工具與能源](#)。

參、研究目的：

- 一.在移動的高鐵上，手機如何能拍到柱子傾斜的現象？
- 二.在靜止的月台上，拍攝移動的高鐵，觀察車窗所產生的變化？
- 三.比較車速是否影響車窗或柱子傾斜的角度？
- 四.研究可否使用影印機，來模擬捲簾快門，探討果凍效應？
- 五.研究如何推測相機快門的掃描方向？

肆、研究設備器材：



伍、研究過程及結果：

一、在移動的高鐵上，手機如何能拍到柱子傾斜的現象？

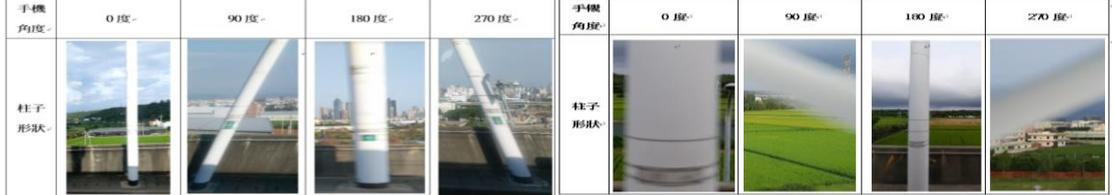
- 1.實驗裝置：手機、高鐵。
- 2.實驗方法：
 - (1)在行駛的高鐵上，使用手機錄影，拍攝車窗外，軌道旁的柱子。
 - (2)拍攝影片時，手機方向分別為：0度、順時針旋轉90度、180度、270度。
 - (3)觀察並紀錄柱子的形狀變化。

3.實驗結果：

柱子形狀	0度	90度	180度	270度
第一次	直立	傾斜	直立	傾斜
第二次	直立	傾斜	直立	傾斜
第三次	直立	傾斜	直立	傾斜
平均	直立	傾斜	直立	傾斜



◎車內往外拍，高鐵行駛方向向左(柱子向右) ◎車內往外拍，高鐵行駛方向向右(柱子向左)



4.研究結果：

(1)手機在橫向拍攝時(順時針旋轉90度和270度)，拍到的柱子會傾斜；而在直立拍攝時(0度和180度)，柱子還是直立的，但有時變粗，有時變細。

二、在靜止的月台上，拍攝移動的高鐵，觀察車窗所產生的變化？

- 1.實驗裝置：手機、手機腳架、高鐵。
- 2.實驗方法：
 - (1)在高鐵月台上，將手機固定在車頭附近的相同位置，錄影拍攝高鐵列車。
 - (2)手機：0度、90度、180度、270度。
 - (3)觀察並紀錄車窗的形狀變化。

3.實驗結果：



4.研究結果：

- (1)月台上，拍移動的高鐵，發現影像更穩定，變化更明顯。
- (2)在月台拍攝移動的車窗，手機橫向拍攝，車窗會傾斜；直立拍攝，車窗沒有傾斜現象。
- (3)車子移動方向不同時，拍攝結果，不完全相同但相似，推測和相機快門掃描方向有關。

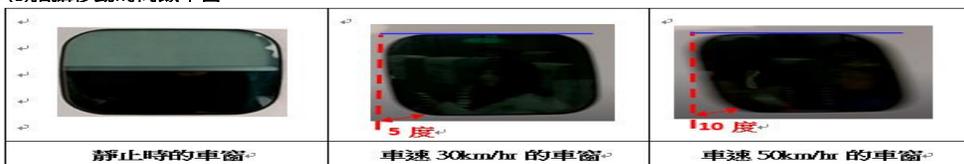
三、車速是否影響車窗或柱子傾斜的角度？

1. 實驗方法：

- (1) 在月台及移動的高鐵上，分別使用手機搭配腳架錄影，觀察車速是否影響車窗或柱子傾斜的角度。
- (2) 為方便操作截圖功能及量測柱子傾斜角度，控制手機掃描方向都是由上往下。

2. 實驗結果：

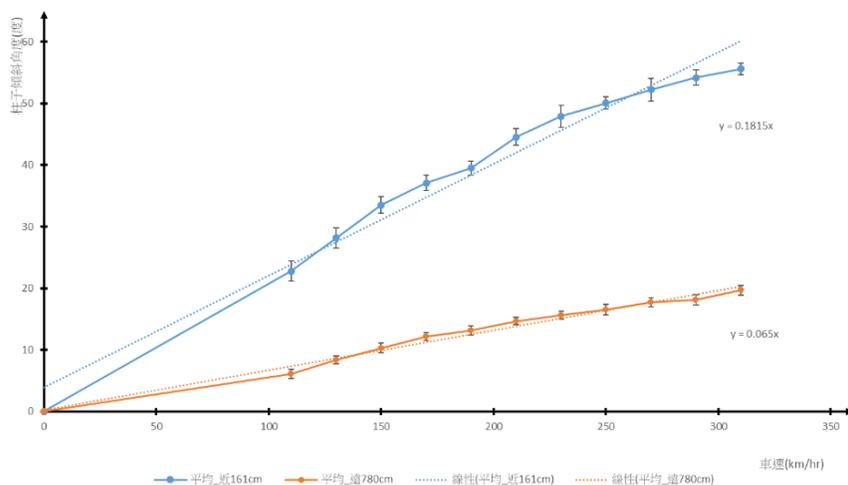
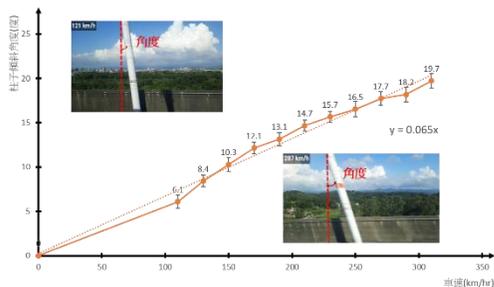
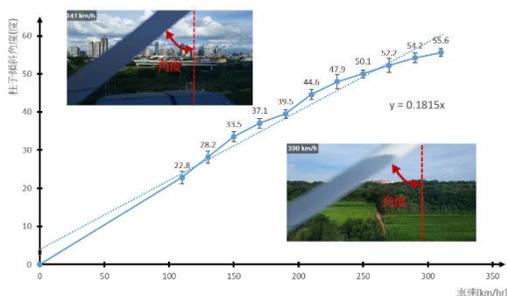
(1) 拍攝移動的高鐵車窗



(2) 拍攝窗外的柱子

① 拍攝距離較近(南下座位 E)

② 拍攝距離較遠(北上座位 E)



3. 研究結果：

- (1) 拍攝距離無論遠或近，車速與車窗傾斜角度都有類正比的現象，呈上升趨勢。
- (2) 雖然兩者都呈上升趨勢，但拍攝距離較近時，車速在較大的時候，傾斜角度的變化較小，而拍攝距離較遠時，傾斜角度的變化趨近一致。
- (3) 拍攝距離會影響目標物傾斜的角度，距離越近，傾斜角度越大。

四、研究可否使用影印機，來模擬捲簾快門，探討果凍效應？

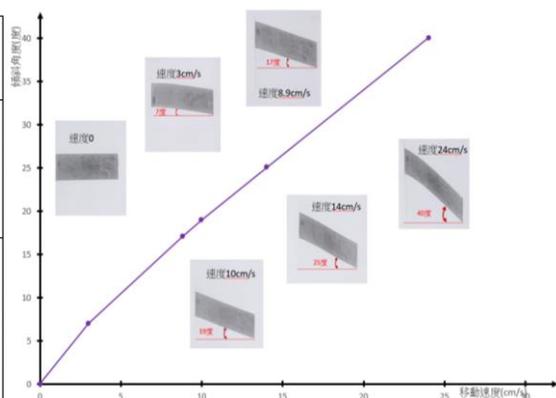
1. 實驗方法：

- (1) 將長方形紙卡，黏貼在圖畫紙上，將圖畫紙左右 180 度翻轉，讓圖案朝向影印機，準備影印。
- (2) 在按下影印鍵的同時，也用手來移動圖畫紙，移動方向，分別為與影印機掃描方向：① 平行且逆向、② 平行且同向、③ 垂直向上、④ 垂直向下。(3) 比較影印前後，長方形圖案變化？(3) 使用紙卡與影印機，使紙卡移動方向，與影印機掃描方向垂直，測量移動速度不同時，長方形圖案變化的情形。

2. 實驗結果：

● 站在影印機前方，看到影印機掃描方向：向右(→)；因為須將圖卡左右翻轉 180 度，讓圖案朝向影印機，所以實際上，影印機的掃描方向，如下圖所示。

移動方向	① 平行且逆向	② 平行且同向	③ 垂直且向上	④ 垂直且向下
原圖				
影印出的圖形				
	說明：變窄	說明：變寬	說明：變傾斜	說明：變傾斜



3.研究結果：

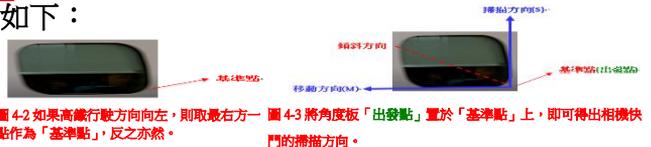
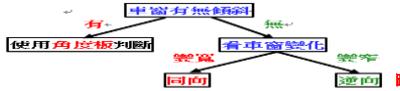
- (1)移動方向與影印機掃描方向：同向，圖像變寬；逆向，圖像變窄；垂直，圖像變傾斜。
- (2)紙卡移動速度越快，傾斜角度越大。
- (3)本實驗結果和實驗二結果有相似的變化。
- (4)影印機搭配人為移動紙卡，可模擬手機拍攝快速移動的物體，產生的果凍效應現象。

五、研究如何推測相機快門的掃描方向？

1.實驗方法：

(1)方法 1(角度板法)：①先用樹狀圖來判斷。②有傾斜，使用角度板來判斷。

◎用向左行駛的高鐵為例，說明如下：



(2)方法 2(描點法)：

- ①將小汽車圖卡放在切割墊上，圖卡上方，再放上透明片，依序描點。
- ②將小汽車慢慢往左方或右方移動，每次前進一個小方格長度(1 公分)，假設每前進 1 小格，捲簾快門就往上或往下移動 2 個小方格，將每次掃描的位置描點做記號。
- ③最後將每個描點連接起來，由圖像的形狀變化，可推測手機快門的掃描方向。

2.實驗結果：

<p>說明：車窗變寬</p>	<p>說明：車窗變窄</p>	<p>說明：車窗前傾</p>	<p>說明：車窗後傾</p>
<p>●高鐵行駛方向(←)</p> <p>●快門掃描方向(←)</p>	<p>●高鐵行駛方向(←)</p> <p>●快門掃描方向(→)</p>	<p>●高鐵行駛方向(←)</p> <p>●快門掃描方向(↑)</p>	<p>●高鐵行駛方向(←)</p> <p>●快門掃描方向(↓)</p>

3.研究結果：

- (1)角度板法與描點法都可以判斷相機快門的掃描方向。
- (2)角度板法較簡單節省時間，描點法必須花費較多時間來描點。
- (3)物體移動方向與快門掃描同向時，圖像變寬；逆向時，圖像變窄；垂直，圖像變傾斜。

陸.討論

- 一.為方便觀察物體形狀變化，進行描點時，將車子前進速度與捲簾快門掃描速度，定為 1：2。
- 二.進行本研究，宜選擇晴朗的好天氣，拍出的影片清晰度較高，推測原因：光線強的地點，相機自動將快門時間縮到極短，因此能捕捉到清晰的果凍效應畫面，而當光線不夠時，曝光時間拉長，會造成畫面模糊的現象。
- 三.採光部分：探討車速是否影響柱子傾斜角度時，無論北上或南下，我們拍攝的位置都在座位 E，原因是無論北上或南下，我們乘車的時間都在下午四點半左右，此時，太陽的位置在西邊，若在座位 A，朝窗外攝影，會產生逆光現象，造成畫面不清楚，因此，決定拍攝位置都在 E 處。
- 四.在未來如果想要繼續研究果凍效應，還有以下方向可以探討：(一)不同攝影器材 (二)不同旋轉行為 (三)相機晶片因素。

柒.結論

- 一.在移動的高鐵上，將手機橫向拍攝，可拍到柱子傾斜現象。
- 二.在靜止的高鐵月台上，拍攝移動的高鐵車窗，發現手機橫向拍攝時，車窗會傾斜，而直立拍攝時，手機沒有傾斜現象。
- 三.車速越快，車窗傾斜的角度會越大。
- 四.可用影印機模擬捲簾快門，探討果凍效應。
- 五.相機快門的掃描方向，可利用「自製角度板」或「描點法」來推測，當圖像變寬時，相機快門掃描方向與物體移動方向同向，當圖像變窄時，相機快門掃描方向與物體移動方向逆向，當圖像變傾斜時，相機快門掃描方向與物體移動方向垂直。
- 六.光線充足時，才能拍到果凍效應現象。
- 七.本研究結果，在教學上，能拿來說明：「果凍效應」、「捲簾快門」、「時間差」等概念，進而提升科學素養，用途很廣。
- 八.透過本研究也可了解，手機除了打電話、上網、玩遊戲、拍照之外，還是科學實驗的好幫手。
- 九.我們發現，使用生活中簡單的物品，如：紙製小汽車、透明片、切割墊及自製「角度板」，就可體會「果凍效應」、「捲簾快門」等科學的現象，並推測相機掃描方向，好玩、有趣又容易了解。
- 十.生活中還有許多有趣的果凍效應現象，如：撥動橡皮筋、轉動螺旋槳、旋轉的硬幣、移動的車子等，都可透過手機來觀察，網路上，眼睛開合的照片，也是一種透過捲簾快門拍到的奇妙現象，從中既可學到科學知識又讓人覺得神奇有趣，可多加推廣。

捌.參考資料

- 一.維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9E%9C%E5%87%8D%E6%95%88%E6%87%89>
- 二.跟著鄭大師玩科學 <https://www.masters.tw/18871/怪異的果凍效應>
- 三.什麼是電子快門 <https://kknews.cc/zh-tw/photography/nq3ex5g.html>
- 四.【Fun 科學】果凍效應 <https://www.youtube.com/channel/UCWYya0v8bpGyYr0ycqGXifVQ>
- 五.全域快門改善果凍效應 <https://scitechvista.nat.gov.tw/cs/ZVT.htm>