

# 嘉義市第三十七屆中小學科學展覽會 作品說明書

科別：地球科學科

組別：國小組

作品名稱：來自太陽的神秘黑影-黑滴現象探究

關鍵詞：水星凌日、金星凌日、黑滴現象



編號：

# 來自太陽的神秘黑影-黑滴現象探究

## 摘要

經過我們一連串的實驗後發現，黑滴現象其實就是光線通過單狹縫後繞射因而減弱變暗的結果。

我們的實驗大致上可以分作三部分，第一部分是以前游標卡尺以及保麗龍球自製的模擬星體移動軌道，以及利用 PhotoImpactX3 軟體，研發出可以用來比較黑滴現象強弱的黑滴現象強弱比較法。

第二部分是利用模擬星體移動軌道，拍攝了大量的照片，將黑滴現象做了詳細的分析，發現了黑滴現象從產生到消失的規律，並使用黑滴現象強弱比較法計算出紅色光黑滴現象比較強。

最後第三部分則是將星體與太陽邊緣的形狀與顏色，以及相機的各項參數做了徹底的研究，發現無論星體與太陽邊緣是什麼形狀與顏色，都只會出現黑色的黑滴現象，且相機的光圈數值大、感光值低、放大倍率低，以及畫質低，黑滴現象都會較明顯。

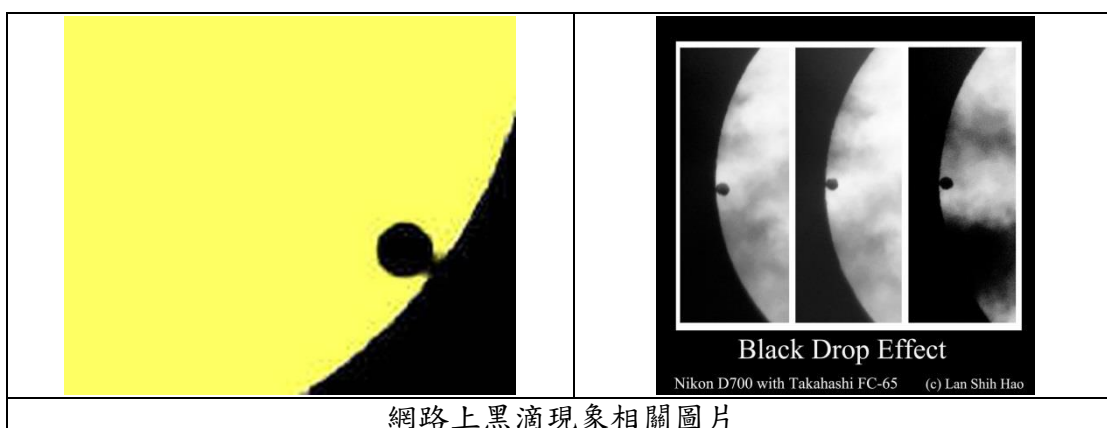
## 目錄：

壹、研究動機-----	3
貳、研究目的-----	3
參、研究器材與設備-----	3
肆、研究方法及結果-----	4
伍、總結論-----	19
陸、參考資料-----	21
柒、附錄-----	22

## 壹、研究動機：

在學校裡上自然課時，老師提到 2019 年 11 月 11 日會有水星凌日這種特殊的天文現象，雖然這一次發生的時間在台灣無法看到，但還是引起了我們很大的興趣，上網搜尋相關的知識時，發現水星凌日和金星凌日都會出現一種神祕的「黑滴現象」，但發生的原因網路上卻眾說紛紜，有人說是因為星球的大氣影響，也有人說是因為攝影器材的影響，我們很想知道形成黑滴的原因，因此和老師討論過後便決定開始了這次的科展研究。

\*教材相關性：(翰林版)第五冊第一單元「觀測太陽」

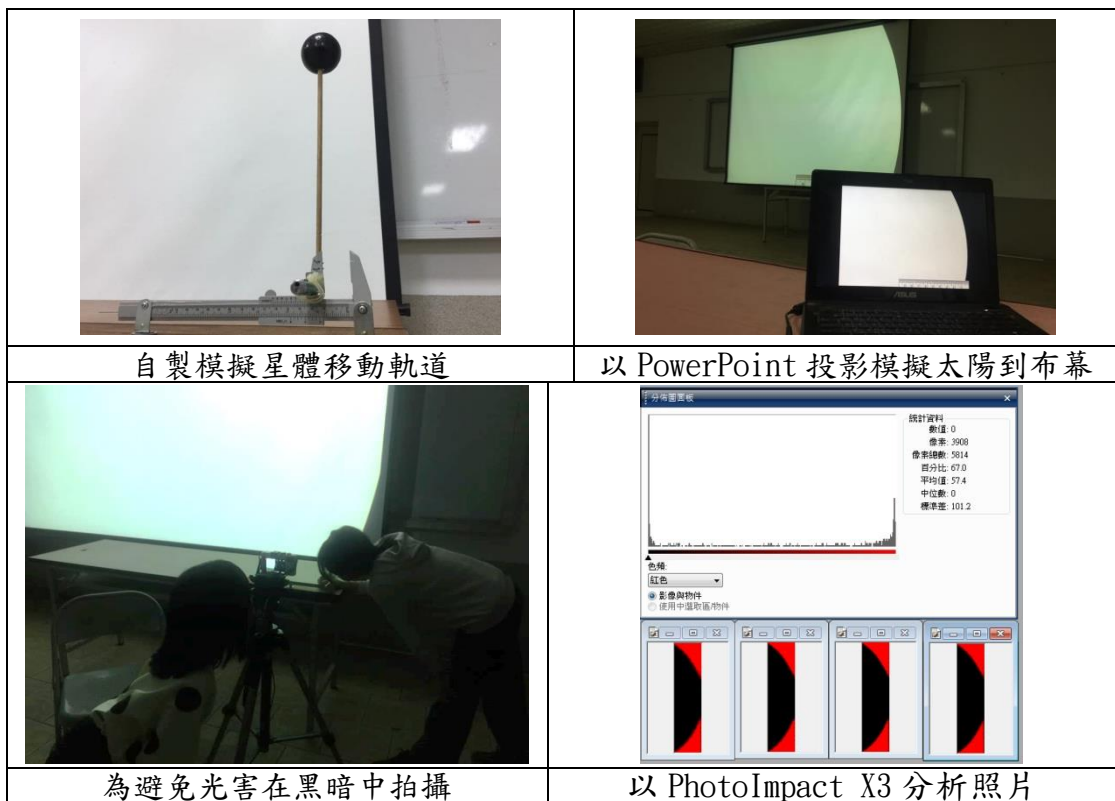


## 貳、研究目的：

- 一、研發能模擬星球凌日時移動軌跡的器材。
- 二、研究太陽邊緣形狀是否會影響黑滴現象的產生。
- 三、研究星體的形體是否會影響黑滴現象的產生。
- 四、研究星體顏色與邊緣顏色是否會影響黑滴現象。
- 五、研究太陽顏色是否會影響黑滴現象。
- 六、訂定比較黑滴現象強弱的方法。
- 七、分析太陽亮度是否會影響黑滴現象。
- 八、分析照相機的光圈大小是否會影響黑滴現象。
- 九、分析照相機的感光值(ISO)大小是否會影響黑滴現象。
- 十、分析照相機的放大倍率是否會影響黑滴現象。
- 十一、分析照相機的畫質高低是否會影響黑滴現象。

## 參、研究設備及器材：

實驗素材	直徑 4cm 保麗龍球、黑色珍珠板、衛生竹筷、彩色膠帶、各色麥可筆。
實驗設備	自製模擬星體移動軌道、投影用布幕、相機腳架。
數位記錄設備	Panasonic Lumix DMC-LX7 (拍照用)、PhotoImpact X3 影像編輯軟體、PowerPoint 簡報軟體、筆記型電腦。



#### 肆、研究方法與結果：

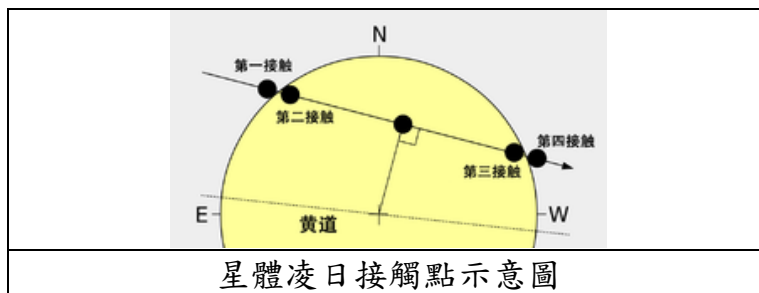
##### 【實驗一】研發能模擬星球凌日時移動軌跡的器材：

###### 一、實驗動機：

俗話說得好：工欲善其事，必先利其器。雖然我們迫不急待地想立即開始進行黑滴效應的模擬實驗，但是我們還是必須先了解了星體凌日的移動方式與速度，以及黑滴效應出現的時機，再利用這些資訊製造出可以模擬星體移動軌跡的器材才能正式開始實驗。

###### 二、實驗想法：

根據我們上網搜尋的資訊，黑滴現象都發生在星體凌日的第一接觸點到第二接觸點和第三接觸點到第四接觸點之間，而且移動的速度都不快，再加上我們擁有的攝影器材在錄影模式時都無法手動調整光圈等設定，因此只能以每次移動等距離後拍照的方式來進行實驗記錄，需要有軌道又能精密的等距移動，首先我們想到游標卡尺。

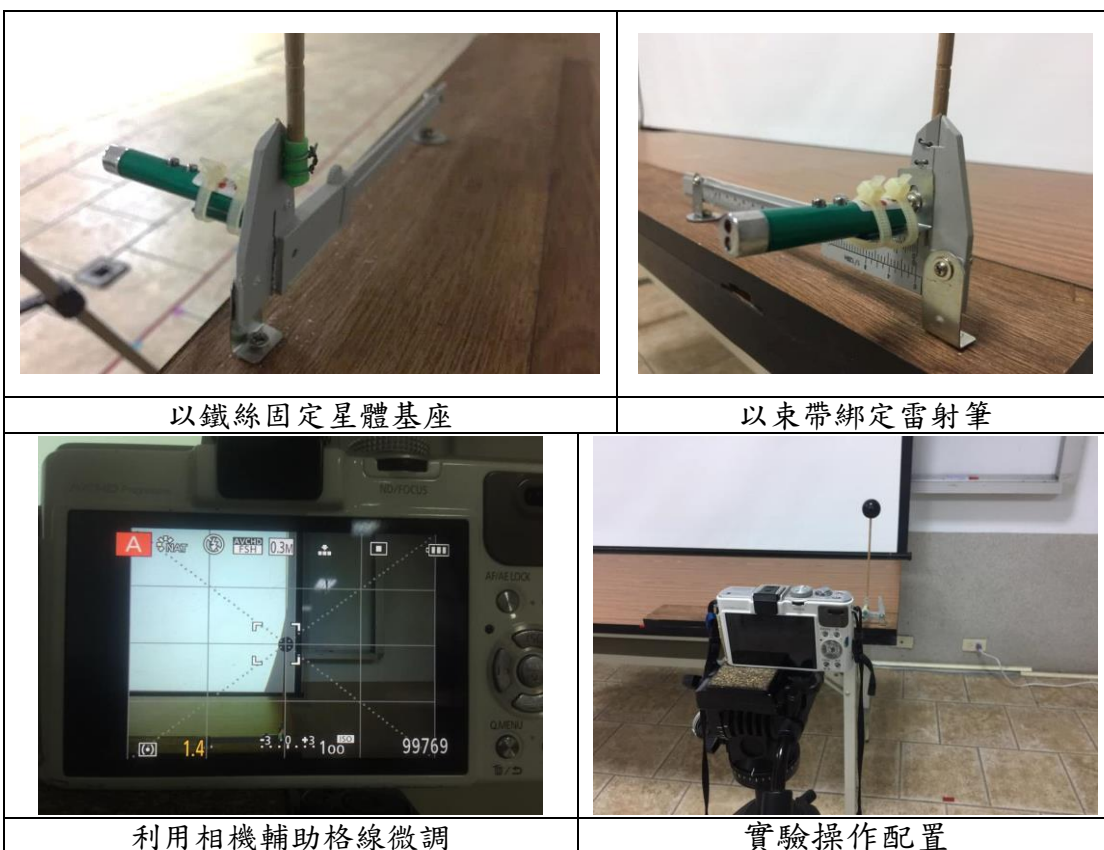


### 三、自製模擬星體移動軌道製作及使用方式介紹：

我們將游標卡尺固定在木板上，並且以鐵絲纏繞固定住可以插衛生竹筷的基座，最後將定位用的雷射筆用塑膠束帶綁緊，但由於游標卡尺刻度方向的緣故，製作出來的軌道星體是由右往左移動，與現實中的星體凌日由左往右方向正好相反，但我們認為這應不會影響黑滴現象的產生。

要使用模擬軌道時先以雷射筆定位相機腳架位置，因為我們使用的竹筷長度是 20 公分，所以相機鏡頭的正中央就定位在雷射筆光點往上 20 公分的位置，最後再以照相機螢幕輔助格做定位微調就能對準了，星體移動則是對準游標卡尺的刻度，移動完成再進行拍照。

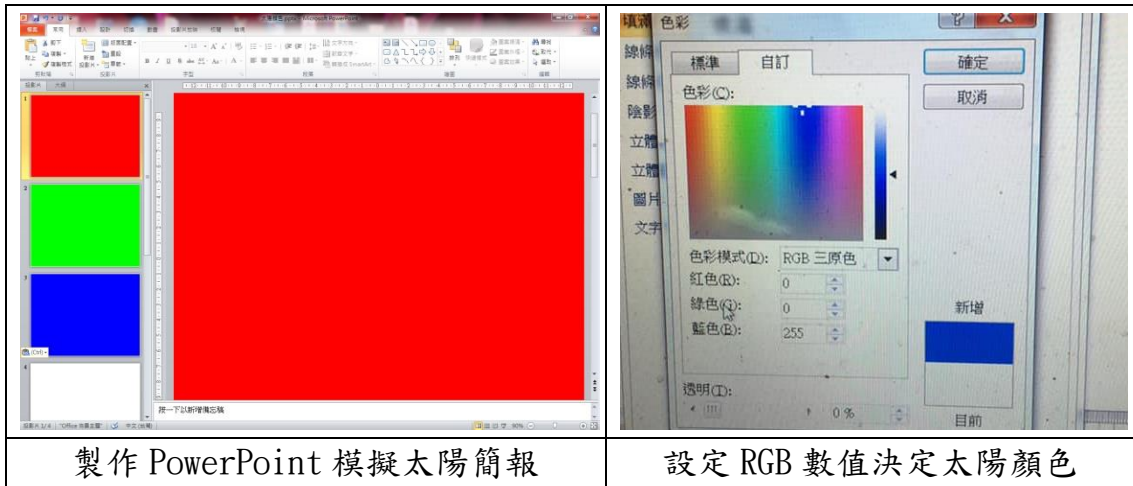
另外，實驗時，我們將照相機與星體樣本的距離固定為 1 公尺，星體到布幕的距離也是 1 公尺，這是因為在現實中，不同距離且體積大小不同的水星和金星都會出現黑滴現象，已經證明了距離及星體大小並不是影響黑滴現象產生的因素，因此我們決定實驗不去探討距離以及星體體積大小的變化。



### 四、製作 PowerPoint 太陽樣本：

(一)既然要模擬星體凌日，那麼除了星球之外，還需要另一個主角太陽，而太陽的亮度是很重要的，幸好學校的視聽教室有 5000 流明的投影機可以使用，因此我們只需要製作 PowerPoint 簡報，並以筆記型電腦連接到投影機投影到布幕即可模擬太陽。





製作 PowerPoint 模擬太陽簡報

設定 RGB 數值決定太陽顏色

(二)經過幾番討論與試驗，我們發現外界的光(燈光或門窗的光)對投影機投射出來的影像亮度有很大的影響，因此我們把視聽教室的燈和門窗全部關掉，實驗在完全的暗室中進行，將光害的影響減到最低。

## 【實驗二】研究太陽邊緣形狀是否會影響黑滴現象的產生：

### 一、實驗目的：

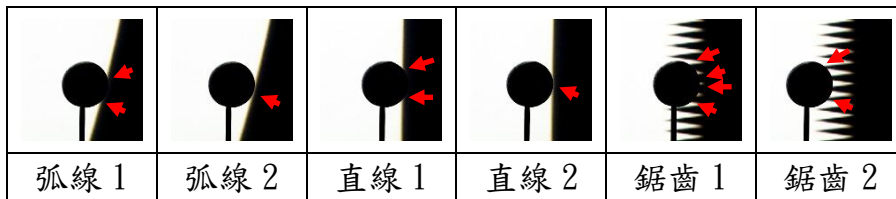
太陽的形狀接近理想的球體，因此其邊緣是弧線，但我們想了解是否只有邊緣是弧線才會出現黑滴現象，因此設計了這個實驗。

### 二、實驗步驟：

- (一)將 Powerpoint 投影片製作出白色太陽，並將邊緣設計成弧線、直線以及鋸齒線。
- (二)將自製模擬星體軌道歸零，並以雷射筆校正照相機位置。
- (三)為了避免反光，將保麗龍球塗黑。
- (四)移動軌道看是否出現黑滴現象並拍照紀錄。

### 三、實驗結果：

(一)將產生黑滴現象效果的地方以紅色箭頭標示出來，結果如下：



### 四、研究與討論：

(一)無論太陽邊緣的形狀如何，都會產生黑滴現象。

### 【實驗三】研究星體的形體是否會影響黑滴現象的產生：

#### 一、實驗動機：

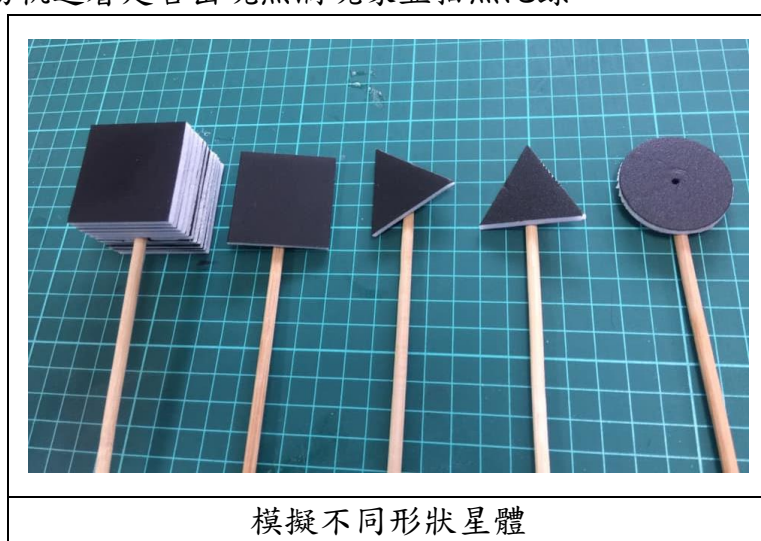
凌日時會出現黑滴現象的水星和金星都是立體的球形，因此我們想要知道，如果星體變成非球型的立體物，甚至根本不是立體而只是一個平面，是否也可以產生黑滴現象呢？

#### 二、實驗步驟：

(一)將軌道歸零，相機位置校正。

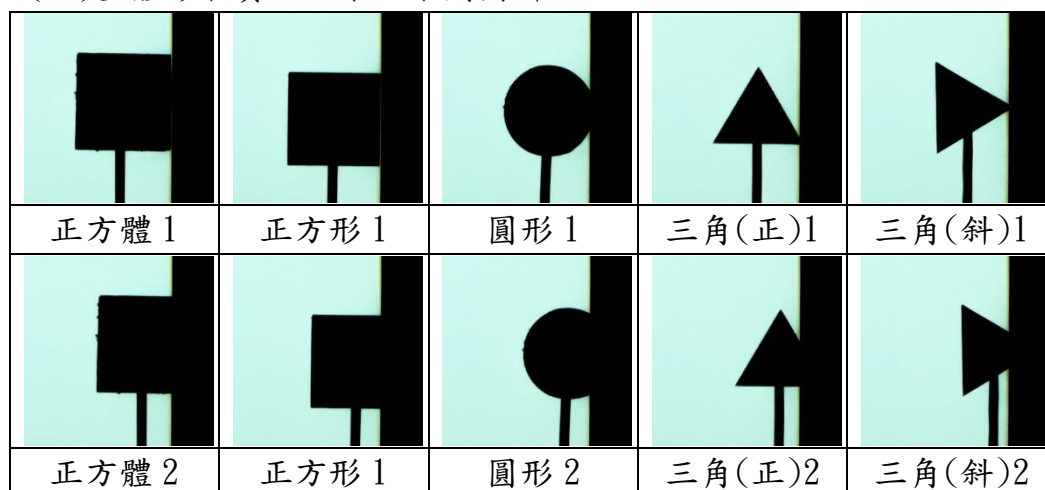
(二)為了避免反光，以黑色珍珠板製作出以下形狀的星體：正方體、正方形、圓形、三角形，並以保麗龍膠黏在竹筷上。

(三)移動軌道看是否出現黑滴現象並拍照紀錄。



#### 三、實驗結果：

(一)星體形狀實驗結果如下列圖所示：



#### 四、研究與討論：

(一)不管是立體還是平面，任何形狀都會產生黑滴現象。

(二)對比實驗二的結果照片，發現正方體和正方形、球體和平面圓形產生的黑滴現象結果非常相像，難以分辨。



(三)仔細觀察照片可以發現，兩個正方形的黑滴現象都比其他形狀小，而正擺三角形的下緣黑滴現象也明顯比上緣斜線來的不明顯，而斜擺的三角形上下的黑滴現象就差不多，我們推測，或許星體與邊緣夾角要小於90度，且越小越容易產生黑滴現象，在我們後面做的實驗也可以印證這一點。

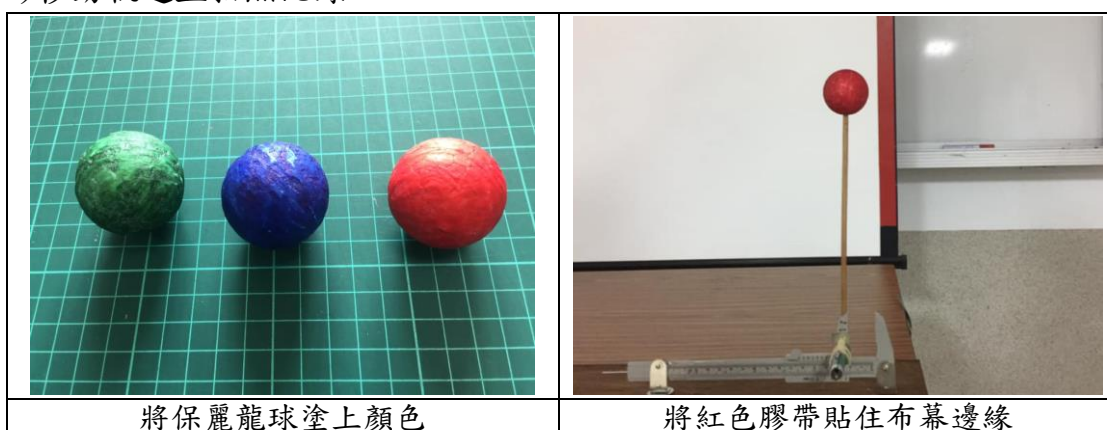
#### 【實驗四】研究星體顏色與邊緣顏色是否會影響黑滴現象：

##### 一、實驗動機：

到目前為止，我們所做的實驗都是黑色的星體配上黑色的邊緣，那如果星體和邊緣都改成其他顏色，是否還會產生黑滴現象，抑或是變成產生紅滴、綠滴現象呢？

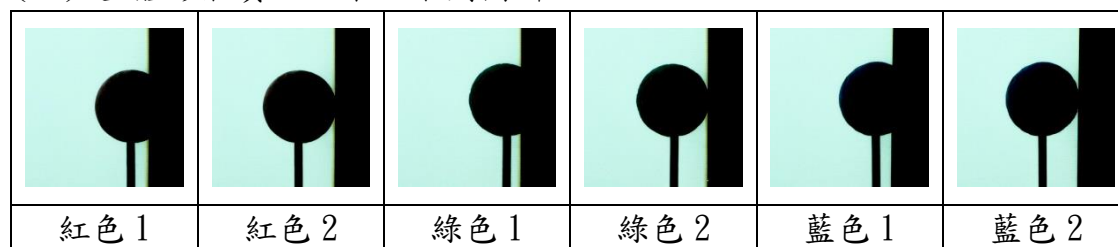
##### 二、實驗步驟：

- (一)將軌道歸零，相機位置校正。
- (二)以麥克筆分別將白色的保麗龍球塗成紅色、綠色，以及藍色。
- (三)配合保麗龍球的顏色，依次將各色膠帶貼在投影布幕邊緣。
- (四)移動軌道並拍照紀錄。



##### 三、實驗結果：

(一)星體形狀實驗結果如下列圖所示：



##### 四、研究與討論：

(一)星體與太陽邊緣顏色對黑滴現象完全沒有影響，由於太陽的光太亮了，不管什麼顏色的星體和邊緣，在背光的情況下通通化為黑色，因此往後的實驗還是把保麗龍塗黑就好了。

## 【實驗五】研究太陽顏色是否會影響黑滴現象：

### 一、實驗動機：

實驗至今已經改變過星體形狀和顏色，也改變了太陽的邊緣形狀，現在試著改變太陽的顏色，看看不同顏色的光是否會影響黑滴現象，並已連續拍攝的方式試著找出黑滴現象出現的規律。

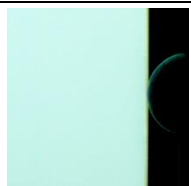
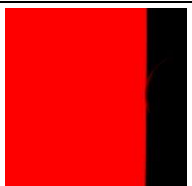
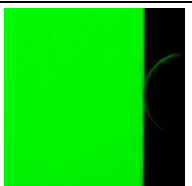
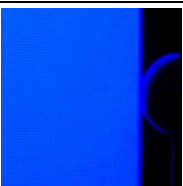

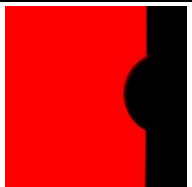
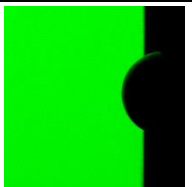
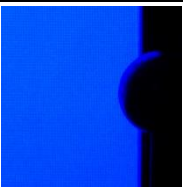

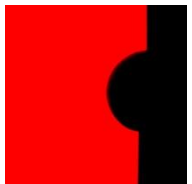
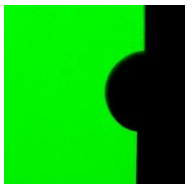
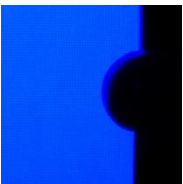
### 二、實驗步驟：

- (一)使用 Powerpoint 製作出白色、紅色、綠色，以及藍色太陽投影片。
- (二)將軌道歸零，相機位置校正，使保麗龍球正好切齊太陽邊緣為起始點，為了避免反光，將保麗龍球塗黑。
- (三)從起始點(第一接觸點)開始，保麗龍每移動 0.5mm 就拍攝照片，直到通過第二接觸點並且黑滴現象消失後停止拍攝。


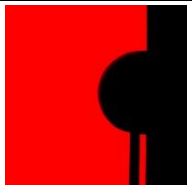
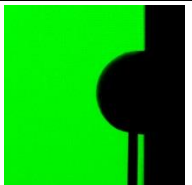
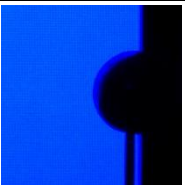


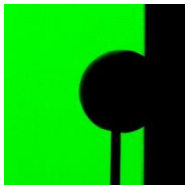
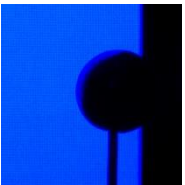

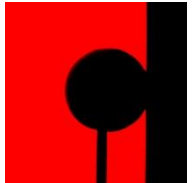
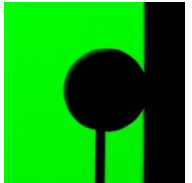
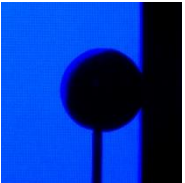
### 三、實驗結果：

由於本實驗四種色光各別都拍攝了 91 張照片，總數共 364 張，雖然實驗結果是我們仔細觀察了所有照片整理出來的結論，但在這裡全部都列出來反而容易模糊焦點，因此將此一過程分為前半階段、後半階段，以及離開階段共三個階段分析，全部照片則一併列於報告末尾的附錄裡。

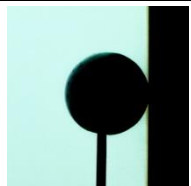

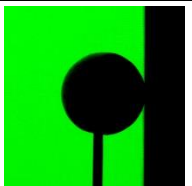
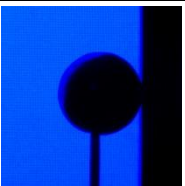
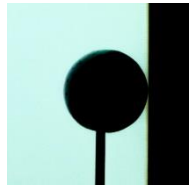
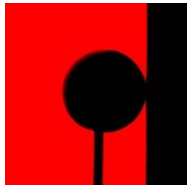
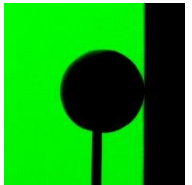
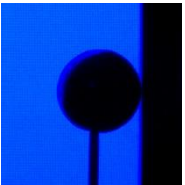
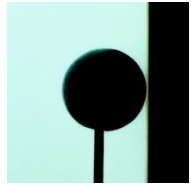

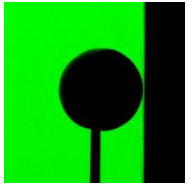
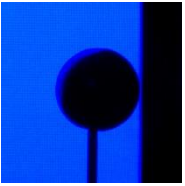




- (一)前半階段：從起始點(第一接觸點)到通過半顆球，照片張數第 1-37 張，此階段球體與邊緣夾角大於 90 度，黑滴現象都不太明顯。

張數及距離	白色	紅色	綠色	藍色
1(0mm)				
21(10mm)				
37(18mm)				

(二)後半階段：從通過半顆球到第二接觸點，照片張數第 38-76 張，此階段開始產生黑滴現象，且隨著球體與邊緣的夾角越來越小，黑滴現象越來越明顯，若仔細比較會發現，紅色光的黑滴現象較其他色光明顯，藍色光的散射相當嚴重，使得黑色藍色交界較為模糊不清。

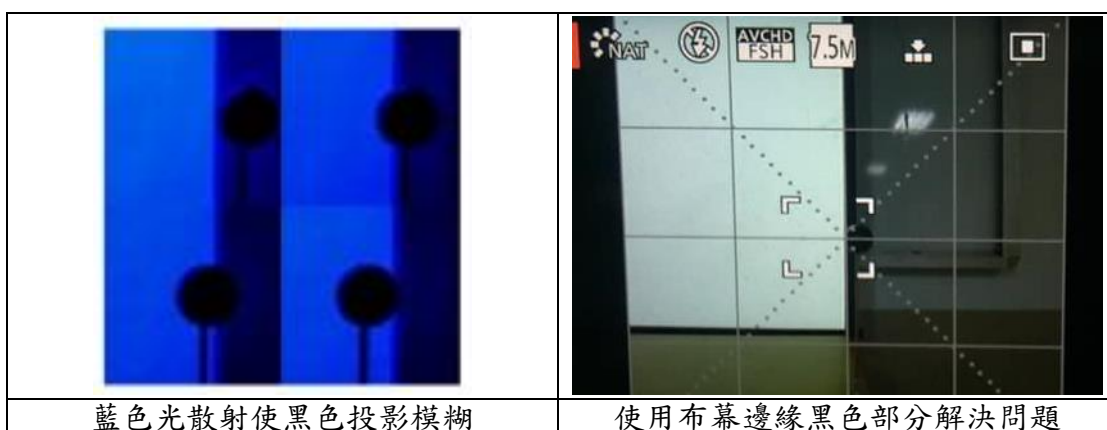
張數及距離	白色	紅色	綠色	藍色
45(22mm)				
61(30mm)				
75(37mm)				

(三)離開階段：本階段為球體脫離太陽邊緣階段，第 77-79 總共只有 3 張，可以看見球體與太陽邊遠已經分開，但卻因為黑滴現象而還有連接點，第 79 張的连接已相當模糊，到 80 張球體和太陽邊緣明顯已無任何連結，此階段紅色光的黑滴現象依然較其他色光明顯，藍色光的散射也還是相當嚴重。

張數及距離	白色	紅色	綠色	藍色
77(38mm)				
78(38.5mm)				
79(39mm)				
80(39.5mm)				

#### 四、研究與討論：

- (一)我們將黑滴現象的發生與消失分為三個階段，前半階段球體與太陽邊緣夾角大於90度，黑滴現象不明顯，後半階段球體與太陽邊緣夾角小於90度，黑滴現象越來越明顯，最後的離開階段，球體與太陽邊緣已分開，卻因為黑滴現象而還保持連結。
- (二)紅色光的黑滴現象一直比其他色光來的明顯，可能是因為紅色光波長比較長，因此繞射的角度比較大的緣故，為了實驗進行順利，後續的實驗可以都使用紅光完成。
- (三)藍色光的散射比其他色光嚴重，可能是因為藍色光波長短易散射，我們又是在沒有其他光源的暗室中做實驗的緣故。
- (四)原本我們太陽邊緣的黑色暗區也是使用PowerPoint投影出黑色區塊，後來因為各色光都會散射，干擾到黑色區塊的投影，使得黑色區塊變得很模糊，因此後來我們改為使用投影布幕邊緣黑色部分解決了色光散射的問題，這也是我們一系列實驗太陽邊緣都是以直線而非弧線來進行的原因。



- (五)總結一下結果可以發現，不論是哪一種色光，黑滴現象都是從同一瞬間開始變明顯(第38張，18.5mm)，也在同一瞬間消失(第80張，39.5mm)，也就是說每一種色光黑滴現象出現和消失的距離是一樣的。

#### 【實驗六】訂定比較黑滴現象強弱的方法：

##### 一、實驗動機：









從實驗五我們發現了紅色光的黑滴現象比其他顏色明顯，但這只是我們用肉眼觀察的結果，可能是錯覺，也可能有誤差，想以客觀的方式來測量黑滴現象，我們能想到的就是測量黑滴現象出現距離，或者是黑滴的面積，測量距離已在實驗五證明沒有用處，那只好試著研發出測量黑滴面積的方法了。

## 二、實驗想法：

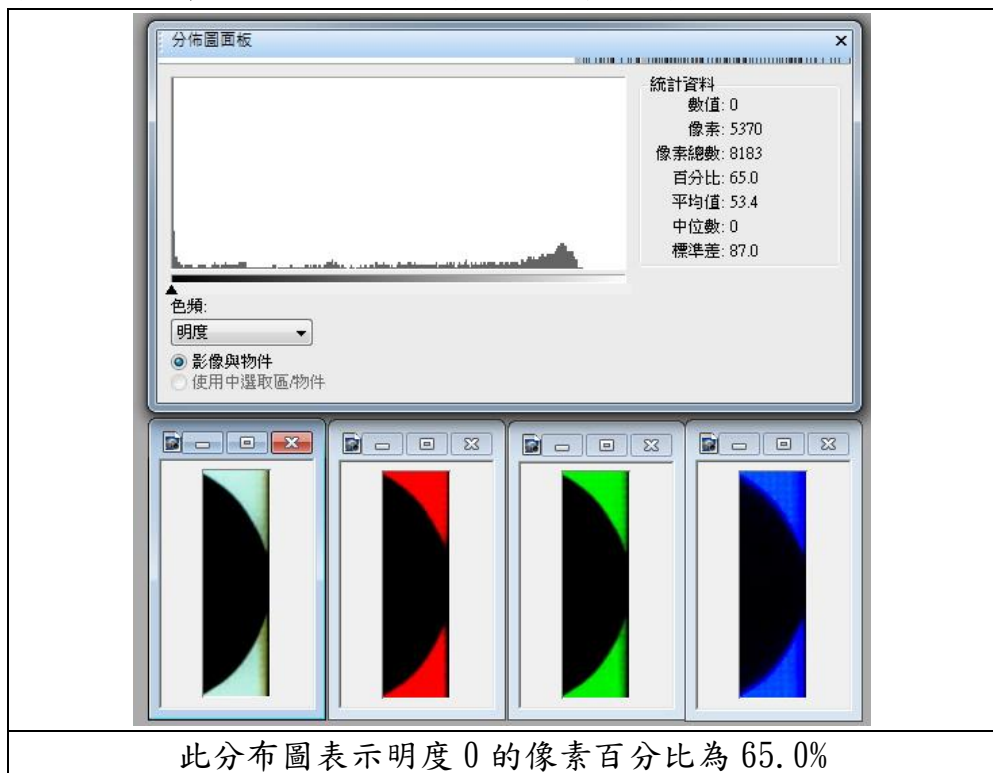
- (一)想要以客觀的方式來測量面積，那麼最好以相機的鏡頭代替眼睛來看，電腦軟體代替大腦來判讀，我們想起在五年級學過的 PhotoImpactX3 裡面的色階分布圖功能，可以顯示出顏色在照片中佔據多少百分比的像素，而照片中像素的百分比，就等於該顏色佔照片面積的百分比了。
- (二)因此，我們只要以圖片裁切軟體裁切出相同位置且相同大小的圖片，再以 PhotoImpactX3 裡面的色階分布圖功能計算出黑色部分的像素百分比即可用來比較黑滴現象的大小了。

## 三、實驗結果：

- (一)首先找出相同位置的照片(本例以四色光第 70 張及第 77 張為範例)，以截圖軟體截圖，去除掉不必要的部分：

張數及距離	白色	紅色	綠色	藍色
70(34.5mm)				
77(38mm)				

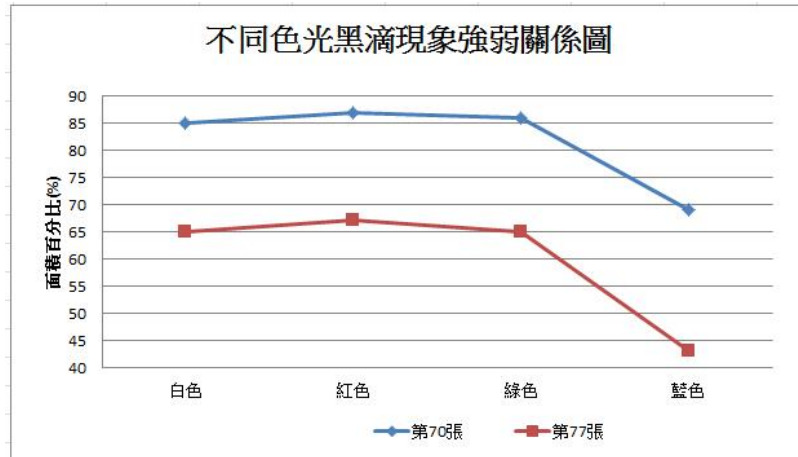
- (二)開啟 PhotoImpactX3 裡面的色階分布圖功能，並將照片載入，然後每張照片都將色階分布圖明度設定至 0(明度 0 為黑色)：





(三)將每張照片黑色的像素百分比記錄下來並以圖表比較：

像素百分比(%)	白色	紅色	綠色	藍色
第 70 張	85	87	86	69
第 77 張	65	67	65	43



根據面積百分比的計算結果來看，可以證明紅色光的黑滴現象果然是最強的，但是比起白光和綠光並沒有強多少，畢竟黑滴現象影響的面積範圍本來就很小，互相相差不大是可接受的，而藍色光的黑色面積百分比差比較多，我們推測原因還是因為藍色光散射嚴重，干擾到黑色區塊的緣故。

#### 四、研究與討論：

- (一)使用截圖軟體裁切出在相片中相同位置且相同大小的圖片，並搭配 PhotoImpactX3 裡面的色階分布圖功能，就可以計算出截圖中黑色像素百分比，可以用來比較黑滴現象的強弱，但需要注意的是，此面積百分比並不能當作是黑滴現象本身的面積，而且此方法只能用來比較在同樣移動距離的照片，因為如果球體的移動距離不同，那麼裁切出來的圖片中球體的位置也會不同，對黑色像素的百分比分布會影響很大。
- (二)根據結果證明了紅色光的黑滴現象最為明顯，為了實驗進行順利，後續的實驗都決定使用紅色光。



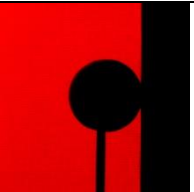
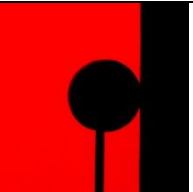
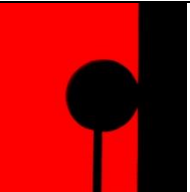


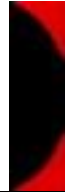


### 【實驗七】分析太陽亮度是否會影響黑滴現象：

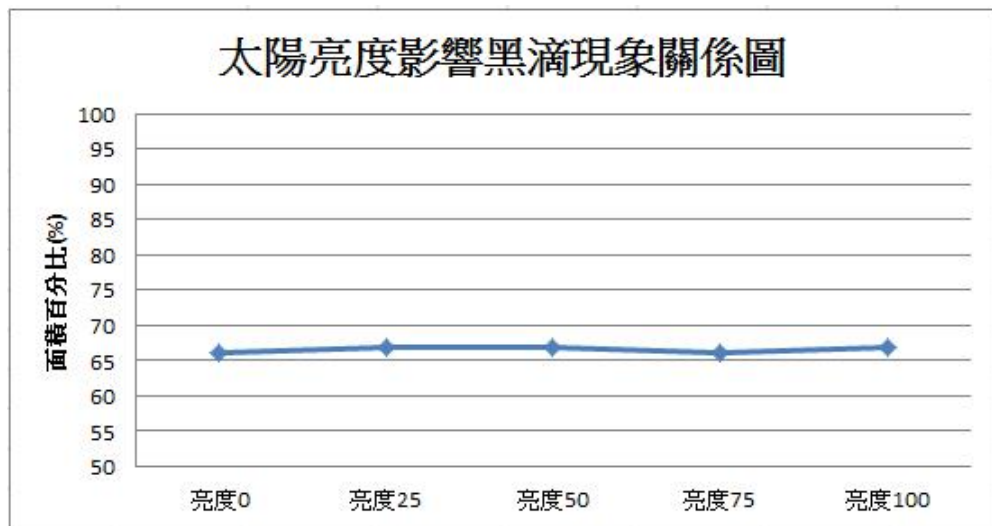
#### 一、實驗步驟：

- (一)使用紅色 PowerPoint 投影片連接投影機投影至布幕。
- (二)將軌道歸零，相機位置校正，為了避免反光，將保麗龍球塗黑。
- (三)將保麗龍球移動至第 77 張(3.8mm)位置，並將投影機亮度分別調至 0、25、50、75，以及 100 進行拍攝。
- (四)以黑滴現象強弱比較法進行分析。



## 二、實驗結果：

亮度	0	25	50	75	100
照片原圖					
截圖					
面積百分比(%)	66	67	67	66	67



## 四、研究與討論：

- (一)太陽亮度(投影機投影亮度)對黑滴現象沒有影響，雖然面積百分比數據有所起伏，但起伏很小且沒有規律性，也許是投影機的亮度變化不夠大的緣故。

### 【實驗八】分析照相機的光圈大小是否會影響黑滴現象：









#### 一、實驗動機：

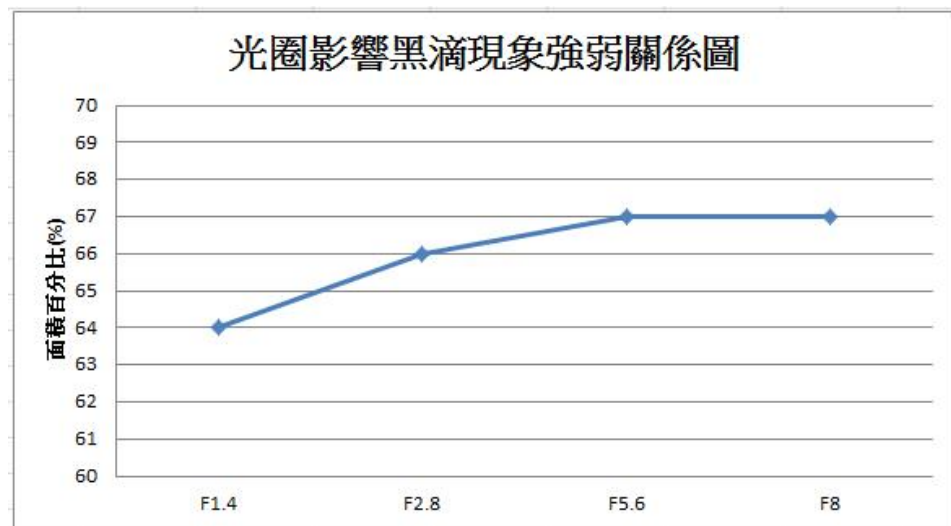
目前實驗已經將星體和太陽能夠變化的變因都做過了，網路上對黑滴現象的解釋有一派說法是指向攝影器材，因此接下來我們將使用實驗六中研發出來的黑滴現象強弱比較法來測試相機的光圈、感光值(ISO)、焦距，以及畫質對黑滴現象的影響。

## 二、實驗步驟：

- (一)使用紅色 PowerPoint 投影片連接投影機投影至布幕。
- (二)將軌道歸零，相機位置校正，為了避免反光，將保麗龍球塗黑。
- (三)將保麗龍球移動至第 77 張(3.8mm)位置，並將相機光圈分別調至 F1.4、F2.8、F5.6，以及 F8 進行拍攝，使用光圈先決模式，其餘設定都固定不變。
- (四)以黑滴現象強弱比較法進行分析。

## 三、實驗結果：

光圈	F1.4	F2.8	F5.6	F8
照片原圖				
截圖				
面積百分比 (%)	64	66	67	67



## 四、研究與討論：













- (一)根據實驗結果顯示，相機的光圈越小(光圈的數字越大表示開孔越小入光越少)則黑滴現象會越明顯。

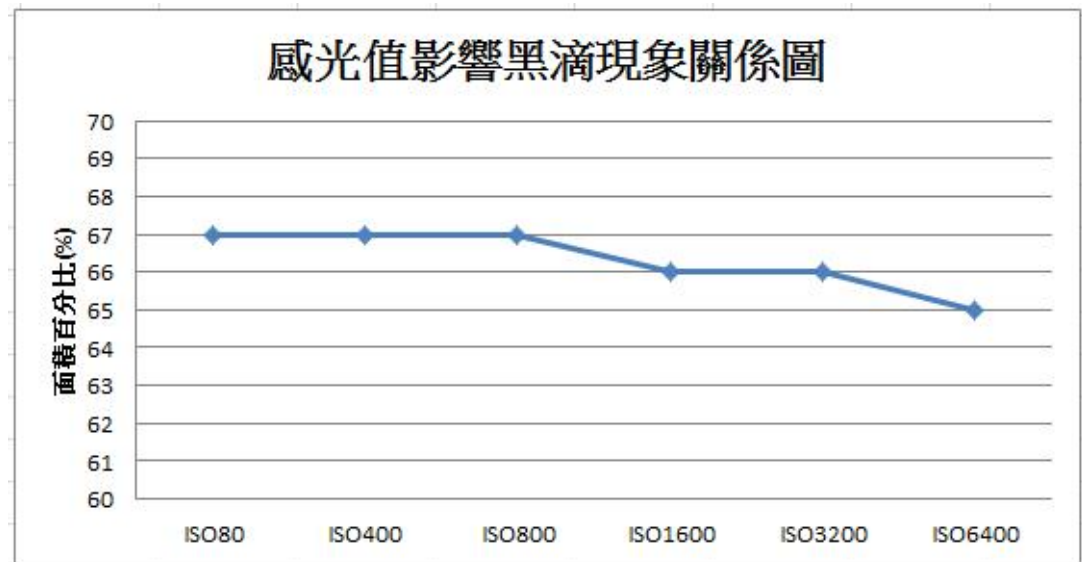
**【實驗九】分析照相機的感光值(ISO)大小是否會影響黑滴現象：**

**一、實驗步驟：**

- (一)使用紅色 PowerPoint 投影片連接投影機投影至布幕。
- (二)將軌道歸零，相機位置校正，為了避免反光，將保麗龍球塗黑。
- (三)將保麗龍球移動至第 77 張(3.8mm)位置，並將相機感光值(ISO)分別調至 80、400、800、1600、3200，以及 6400 進行拍攝，其餘設定都固定不變。
- (四)以黑滴現象強弱比較法進行分析。

**二、實驗結果：**

ISO 值	80	400	800	1600	3200	6400
照片原圖						
截圖						
面積百分比(%)	67	67	67	66	66	65



**四、研究與討論：**

- (一)根據實驗結果我們發現，雖然影響的幅度不大，但感光值越大，黑滴現象越不明顯。

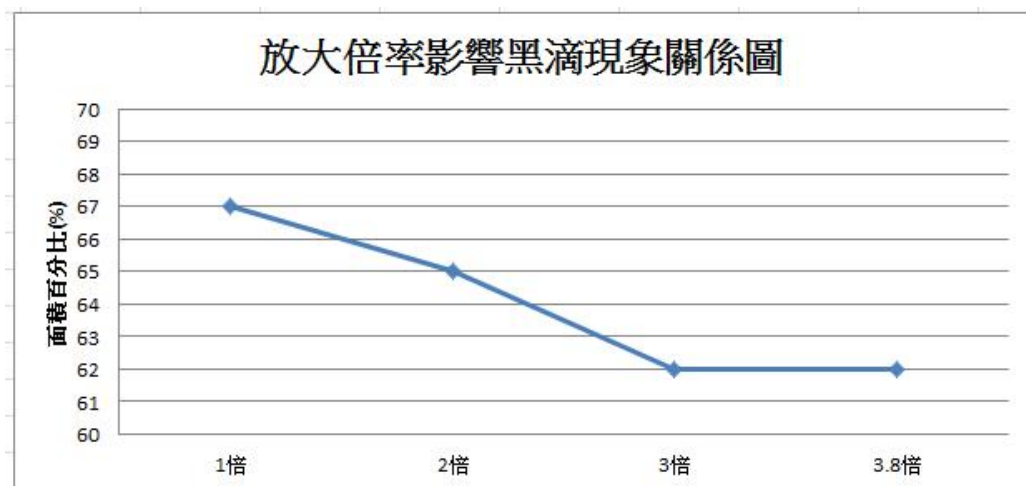
## 【實驗十】分析照相機的放大倍率是否會影響黑滴現象：

### 一、實驗步驟：

- (一)使用紅色 PowerPoint 投影片連接投影機投影至布幕。
- (二)將軌道歸零，相機位置校正，為了避免反光，將保麗龍球塗黑。
- (三)將保麗龍球移動至第 77 張(3.8mm)位置，並將相機放大倍率分別調至 1 倍、2 倍、3 倍以及 3.8 倍進行拍攝，其餘設定都固定不變。
- (四)先將照片依照放大倍例縮圖至同樣大小，再進行截圖，然後以黑滴現象強弱比較法進行分析。

### 二、實驗結果：

倍率	1 倍	2 倍	3 倍	3.8 倍
照片原圖				
截圖				
面積百分比(%)	67	65	62	62



### 四、研究與討論：

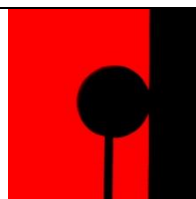
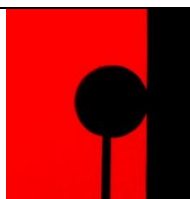
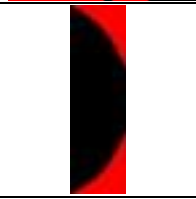

- (一)從實驗結果我們可以知道，相機的放大倍率變大，黑滴現象會變得比較弱。

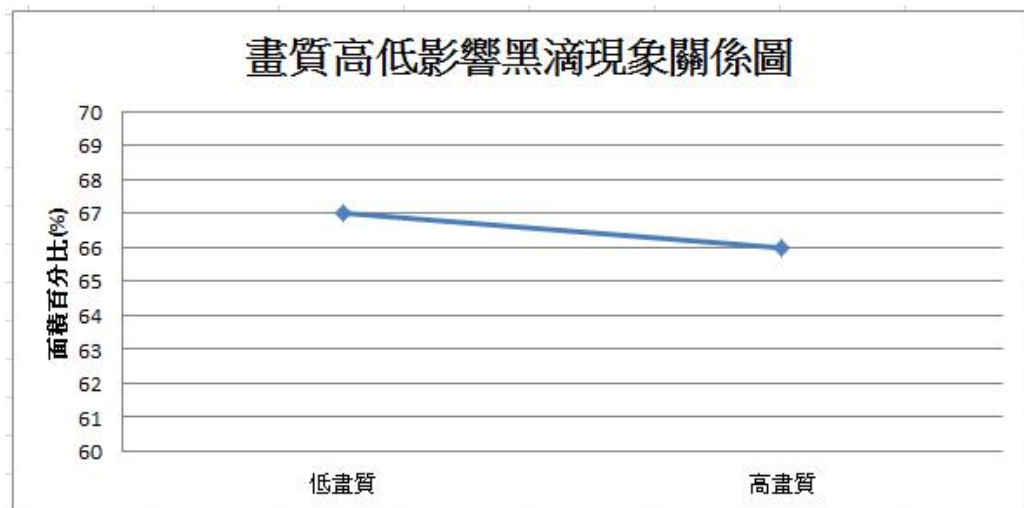
## 【實驗十一】分析照相機的畫質高低是否會影響黑滴現象：

### 一、實驗步驟：

- (一)使用紅色 PowerPoint 投影片連接投影機投影至布幕。
- (二)將軌道歸零，相機位置校正，為了避免反光，將保麗龍球塗黑。
- (三)將保麗龍球移動至第 77 張(3.8mm)位置，並將相機畫質分別調至高畫質及低畫質進行拍攝，其餘設定都固定不變。
- (四)以黑滴現象強弱比較法進行分析。

### 二、實驗結果：

倍率	低畫質	高畫質
照片原圖		
截圖		
面積百分比(%)	67	66

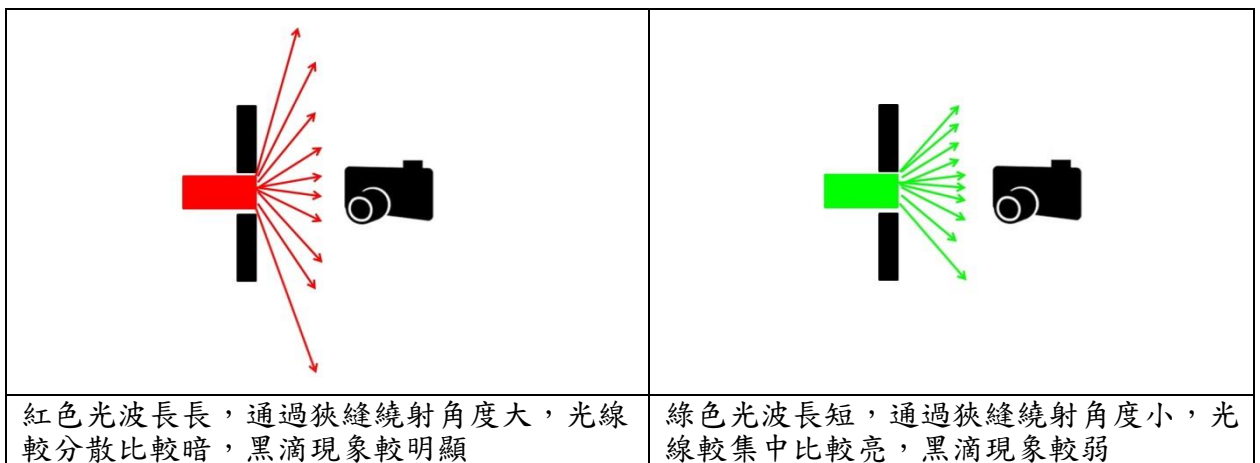


### 四、研究與討論：

- (一)實驗結果是顯示了畫質增高，黑滴現象減弱，但由於我們使用的數位相機較為老舊，畫質只有高畫質與低畫質兩種設定可用，數據數量不足，所以我們並無法很肯定這個結果。
- (二)綜合實驗九、十、十一相機操作影響黑滴現象的實驗結果，我們發現感光值低、放大倍率低，以及畫質低時，黑滴現象都比較強，這似乎意味著照片拍得越模糊，越不清楚，黑滴現象就會變強。

## 伍、總結論：

(一)根據在實驗三發現球體夾角越小越容易出現黑滴現象，實驗五發現球體剛離開太陽邊緣依然會產生黑滴現象，以及實驗六計算出紅色光的黑滴現象比較明顯三個結論，我們可以推論黑滴現象的原因是光通過單個狹縫產生的繞射現象，夾角小以及球體剛離開是產生單狹縫的原因，而紅色光波長較長，通過狹縫繞射角度大，光線較為分散所以比較暗，較暗的地方就是所謂的黑滴現象，而其他光波長較短，繞射角度小，光線較集中，所以黑滴現象就比較微弱，如下圖所示。



(二)綜合實驗二、實驗三，以及實驗四的結論，無論星球與太陽邊緣是什麼形狀和顏色，甚至是否立體，都會產生黑滴現象，而且只會產生黑色的黑滴現象，不會出現紅綠藍滴現象，這是由於黑滴現象本質是因繞射光線減弱而變暗，不管原來什麼是什麼顏色，只要變暗就通通是黑色。

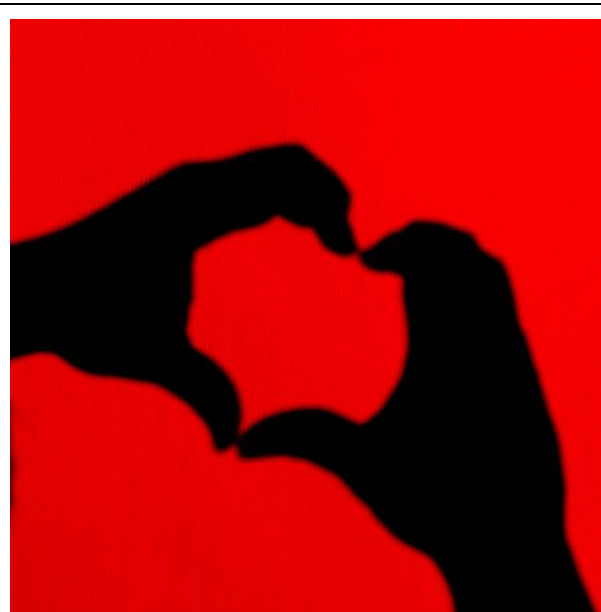
(三)在實驗五中，我們將黑滴現象的出現與消失分為三個階段，前半階段球體與太陽邊緣夾角大於90度，黑滴現象不明顯，後半階段球體與太陽邊緣夾角小於90度，黑滴現象越來越明顯，最後的離開階段，球體與太陽邊緣已分開，卻因為黑滴現象而還保持連結。

(四)總結一下實驗五可以發現，不論是哪一種色光，黑滴現象都是從同一時間開始變明顯(第38張,18.5mm),也在同一時間消失(第80張,39.5mm),也就是說每一種色光黑滴現象出現和消失的距離是一樣的，所以並不能以黑滴現象持續的移動距離長短來當作黑滴現象強弱的依據。

(五)我們在實驗六研發出了黑滴現象強弱比較法，原理是使用截圖軟體裁切出在相片中相同位置且相同大小的圖片，並搭配 PhotoImpactX3 裡面的色階分布圖功能，就可以計算出截圖中黑色像素百分比，而圖片上的像素百分比就等於面積百分比，可以用來比較黑滴現象的強弱，但在使用上有所限制，此面積百分比並不能當作是黑滴現象本身的面積，而且此方法只能用來比較在同樣移動距離的照片，因為如果球體的移動距離不同，那麼裁切出來的圖片中球體的位置也會不同，對黑色像素的百分比分布會影響很大。。



- (六)實驗七中，我們發現太陽亮度(投影機投影亮度)對黑滴現象沒有影響，雖然面積百分比數據有所起伏，但起伏很小且沒有規律性，也許是投影機的亮度變化不夠大的緣故。
- (七)相機光圈的數字越大表示開孔越小，就形成另一個狹縫，造成已經因為繞射過一次減弱的光線，再次繞射減弱，所以黑滴現象會越明顯。
- (八)天然清潔劑的墨漬去汙能力分析方面，最佳的清洗方式則是麵粉浸泡攝氏 50 度的水溶液旋轉後再刷，最差的是白醋浸泡在常溫水溶液後再刷洗，雖然黑色區中的階層 1-2 面積比率都是 0%，但同屬於黑色區的階層 3 面積比率卻是 16%，幾乎和原始墨漬樣本黑色區面積比率一樣大，墨漬只有稍微變淡一點點，去汙能力非常差。
- (九)而在實驗九的實驗結果中顯示，原本已經因為單狹縫繞射後分散變暗的光線，又因為感光不好(感光值低)，感受到更少的光，因此黑滴現象就更明顯了。
- (十)實驗十則是光線通過單狹縫後會開始繞射，離單狹縫越遠看(放大倍率低)，那麼繞射出去的光線更多，進入相機的光線變更少，所以變更暗，結果黑滴現象就會增強。
- (十一)實驗十一結果是顯示了畫質增高，黑滴現象減弱，但由於我們使用的數位相機較為老舊，畫質只有高畫質與低畫質兩種設定可用，數據數量不足，所以我們並無法很肯定這個結果。但還是可以以光線繞射的理論來解釋，原本光線已經因為繞射分散變暗形成黑滴現象，但在紀錄時又不仔細(低畫質)，造成黑滴現象面積變大。
- (十二)透過一系列實驗，我們知道了在日常生活中也可以輕易地製造出黑滴現象，只要背光的光源夠亮，任何形狀或顏色的物體接近形成細縫，黑滴現象就會出現囉！

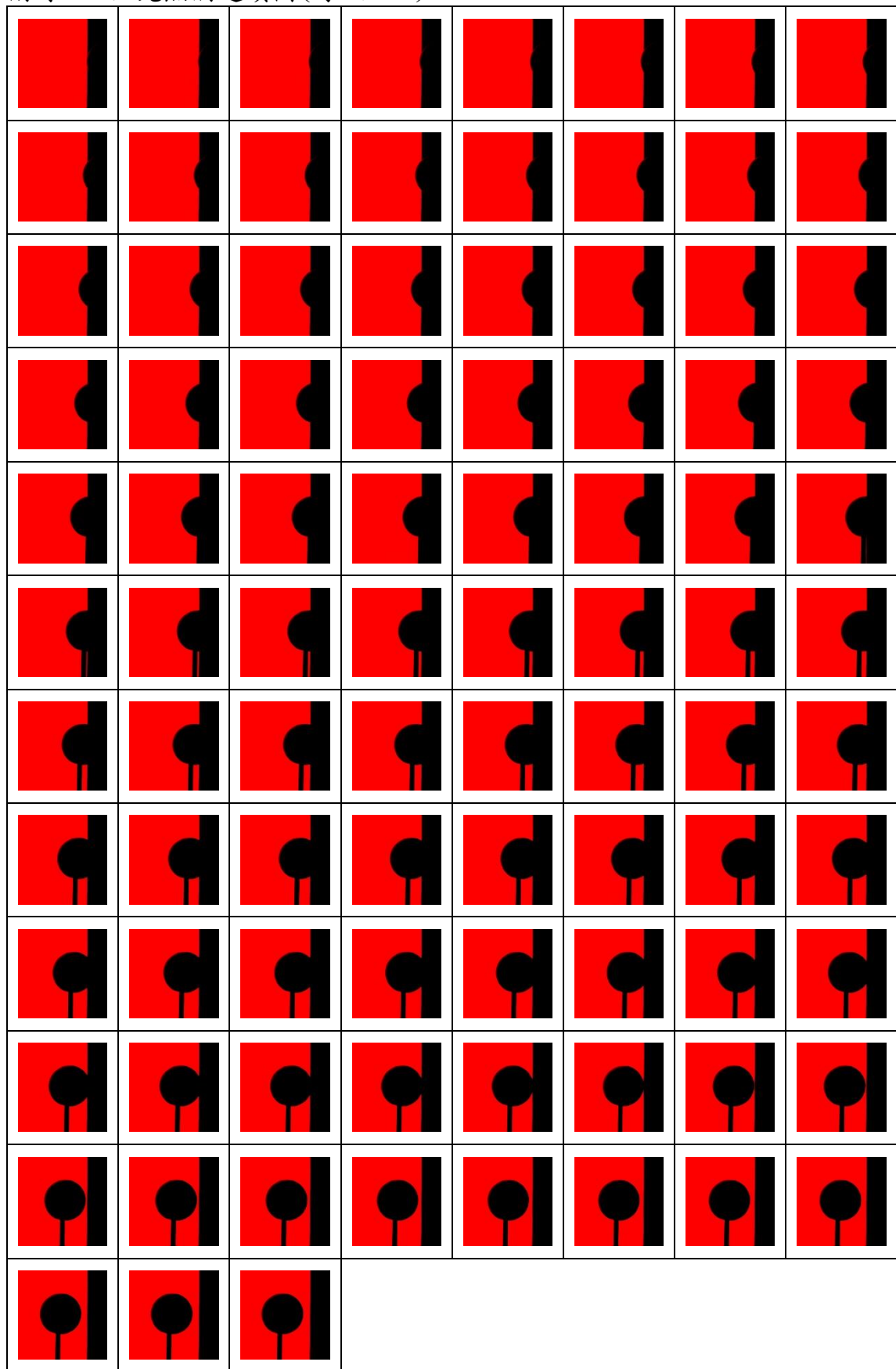


以黑滴現象連結的愛心翦影

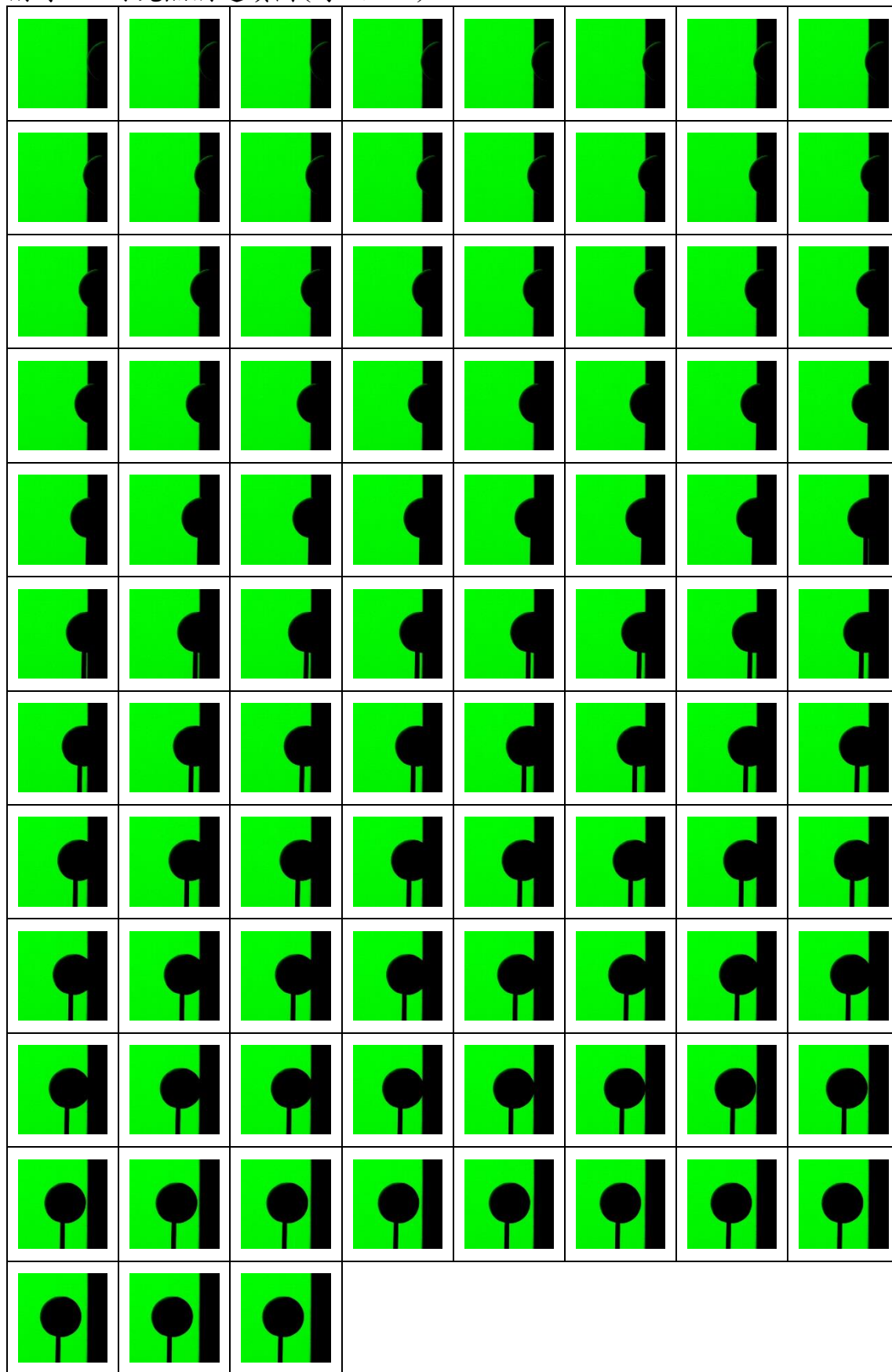
## 陸、參考文獻：

1. 金星凌日-維基百科。取自  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%87%91%E6%98%9F%E5%87%8C%E6%97%A5>
2. 水星凌日-維基百科。取自  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%B4%E6%98%9F%E5%87%8C%E6%97%A5>
3. 黑滴現象-維基百科。取自  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%BB%91%E6%BB%B4%E7%8F%BE%E8%B1%A1>
4. 臺灣國際科展地球與太空科學：  
誰滴了黑水滴-凌日黑滴效應的探討。2006年，取自國立臺灣網路科學教育館歷屆優勝作品。

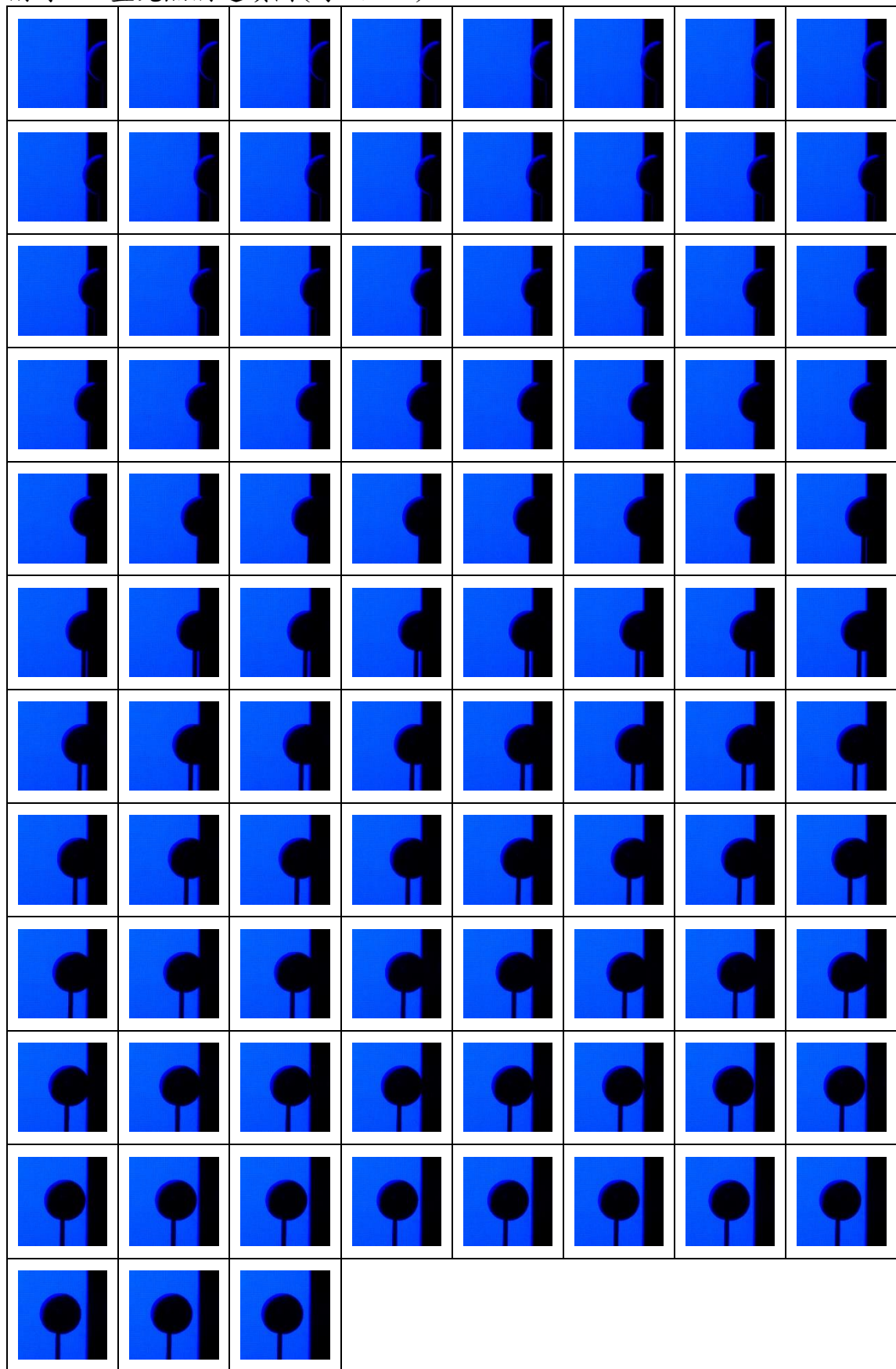
附錄 1：紅光黑滴連續圖(每 0.5mm)



附錄 2：綠光黑滴連續圖(每 0.5mm)



附錄 3：藍光黑滴連續圖(每 0.5mm)



附錄 4：白光黑滴連續圖(0.5mm)

