

優質教育基金 計劃編號：2007/0471
發展新高中物理科選修單元「天文學和太空科學」學與教資源
探究研習三報告：研究月球一夜的變化

A. 目的

記錄和解釋月球一夜中在下列幾方面的變化: 大小、光度、顏色和形狀

B. 儀器

1. 5 吋折射式望遠鏡
2. Skywatcher HEQ5Pro 赤道儀
3. Canon EOS40D 單鏡反光相機

C. 研習計劃

由月球在東邊升起開始，每數十分鐘拍攝一張月球照片，連續進行約六小時，由月球升起開始拍攝至月球到達天頂，然後用電腦分析相片。

日期方面，可選擇滿月或接近滿月的日子（初十五或初十六），因為月球在日落後不久便在東方升起。選擇拍攝地點時，觀察點必須要看到接近地平線的天空。

本研習的拍攝時間和地點如下：

日期：4/12/2009 – 5/12/2009
觀察地點：香港石澳山仔路近海邊的平台
拍攝時間：4/12/2009 8:08pm – 5/12/2009 0:54am

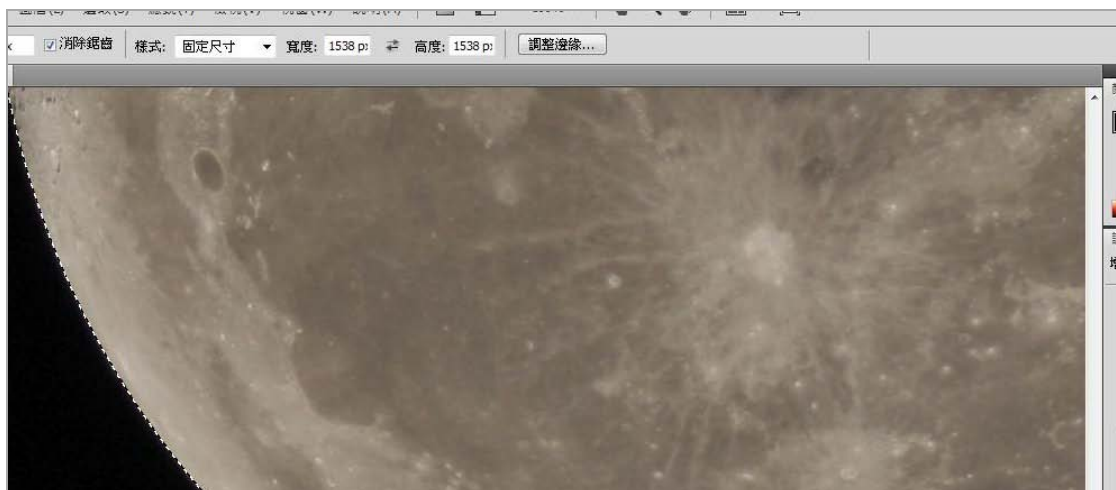
D. 研習報告

研習一：月球直徑隨時間的變化

方法

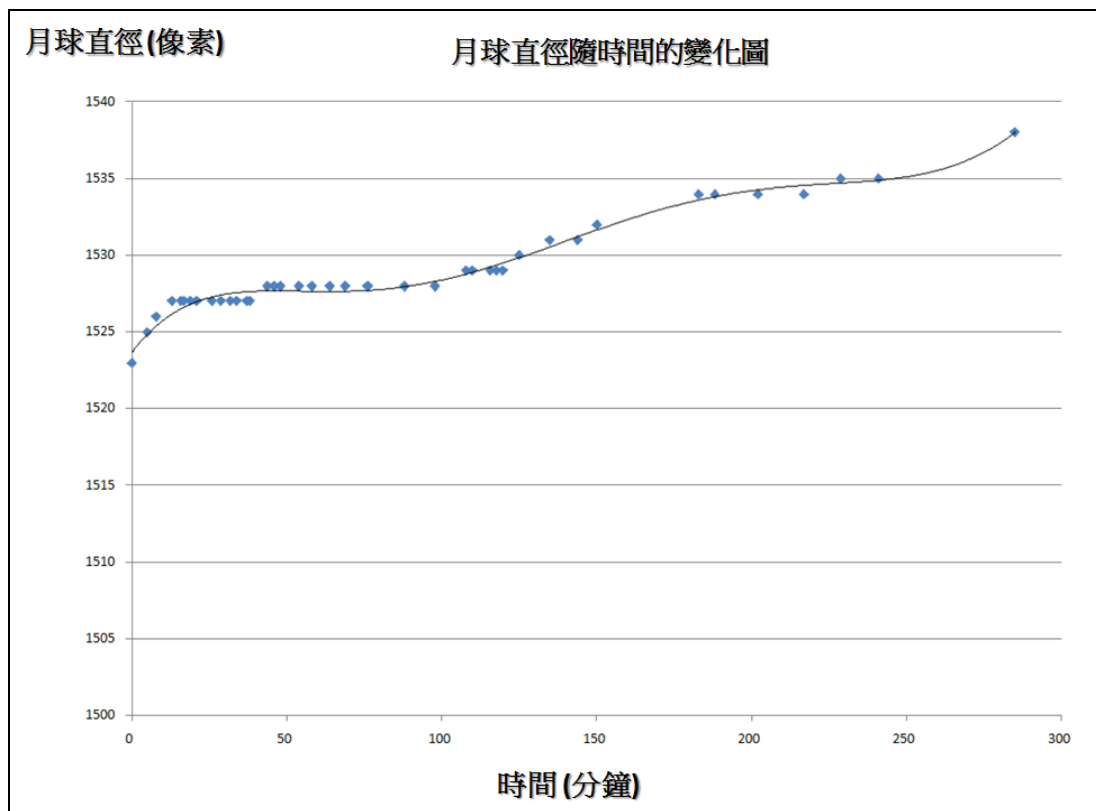
用 Photoshop 量度每張照片的月球直徑，方法如下：

1. 先選取「橢圓選取畫面工具」
2. 調教圓形的寬度和高度，直到能完全吻合月亮的邊緣，那個圓形的寬度或高度便是月亮的直徑了。



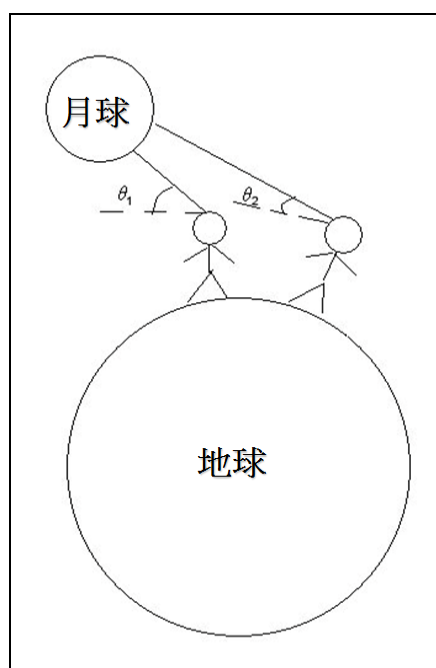
結果

研習結果如下圖所示，附錄一顯示相關原始數據。結果顯示月球上升至高空的過程中，直徑會越來越大，即是地月距離越來越短。



討論

有不少人認為接近地平線的月球較在高空時大，這現象稱為「月球錯覺」(Moon Illusion) [1]，這研習顯示事實剛好相反。如下圖所示，當地球轉動，月球上升至高空的過程中，觀察者與月球間的距離會縮短，直徑會越來越大。



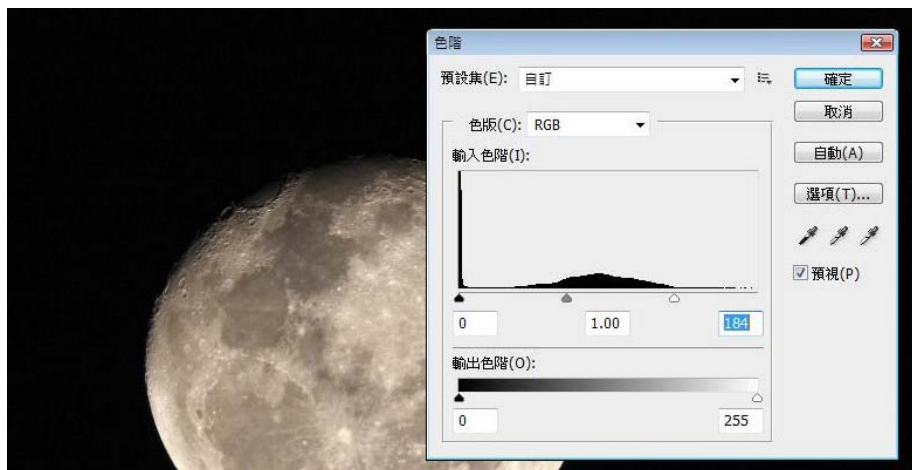
圖表不是一條平滑曲線，這可能是因為當運用肉眼判斷圓形能否完全吻合月亮的邊緣時，有一定的誤差。如果運用焦距更長的望遠鏡，效果會較好。

研習 2: 月球光度隨時間的變化

方法

用 Photoshop 量度每張照片的月球光度，方法如下：

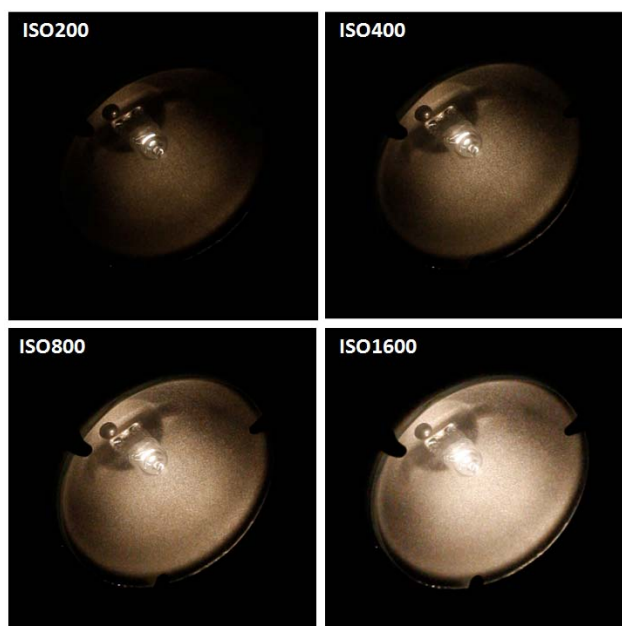
1. 在 Photoshop 中開啟相片，然後開啟「色階」(Levels) 視窗。
2. 以亮度分布圖 (Histogram) 主要部份的最大值作為光度。



獲得每張相的光度後，便要考慮每張相的曝光時間和感光度(ISO)的不同，修正這些光度數據。最後的結果便如同所有相都用同一的曝光時間和感光度拍攝。

首先考慮曝光時間，我們可以把所有相的曝光時間調整至一個參考值 (如 1/30s)，然後計算新的光度。例如，如果一張曝光時間為 1/60s 的相的光度為 200，便要把光度調整至 400。

要考慮 ISO，首先便要知道用不同 ISO 拍攝同一物體，光度是多少。我們首先拍攝了一個燈泡。



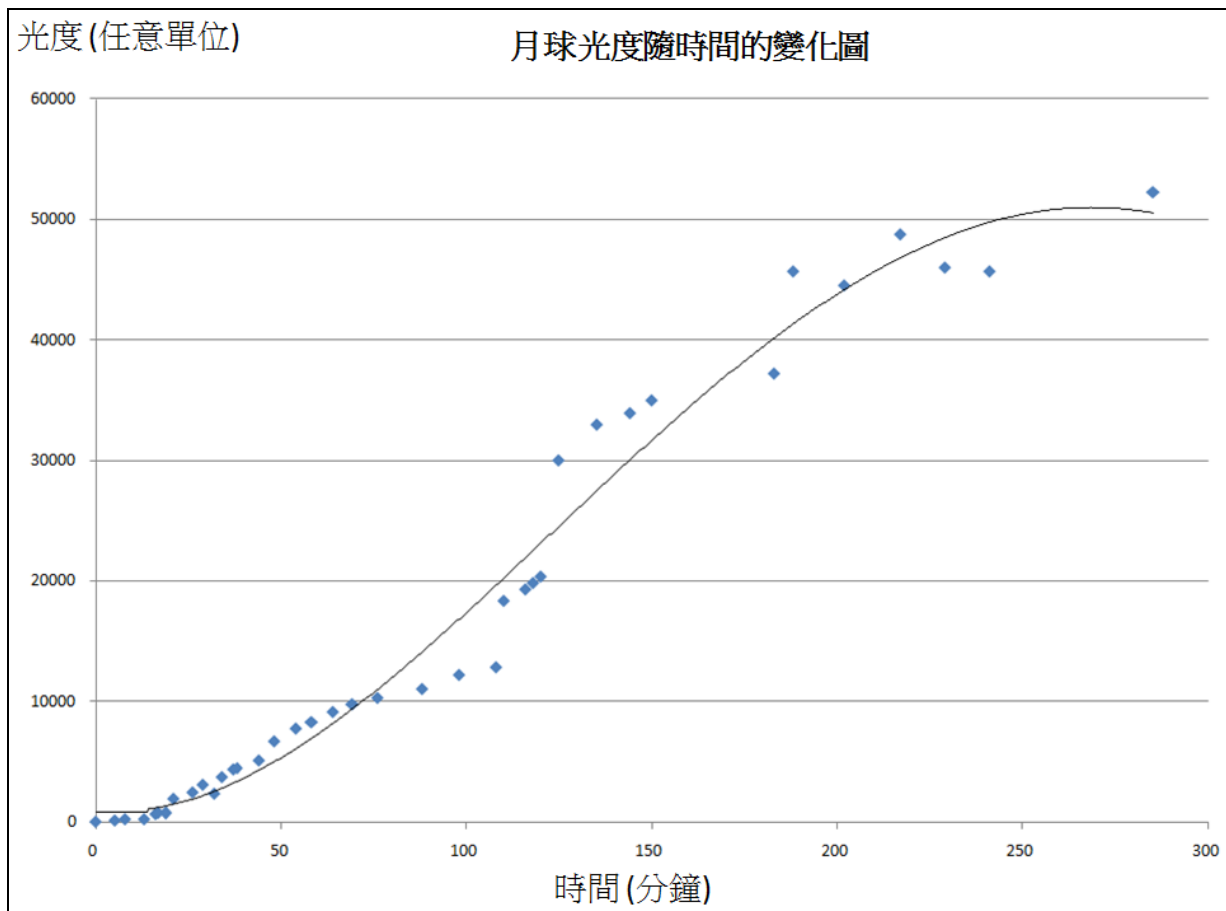
由此，我們得出下列數據：

ISO	光度
200	58
400	84
800	129
1600	189

我們可以把所有相的 ISO 調整至一個參考值 (如 1600)，然後計算新的光度。

結果

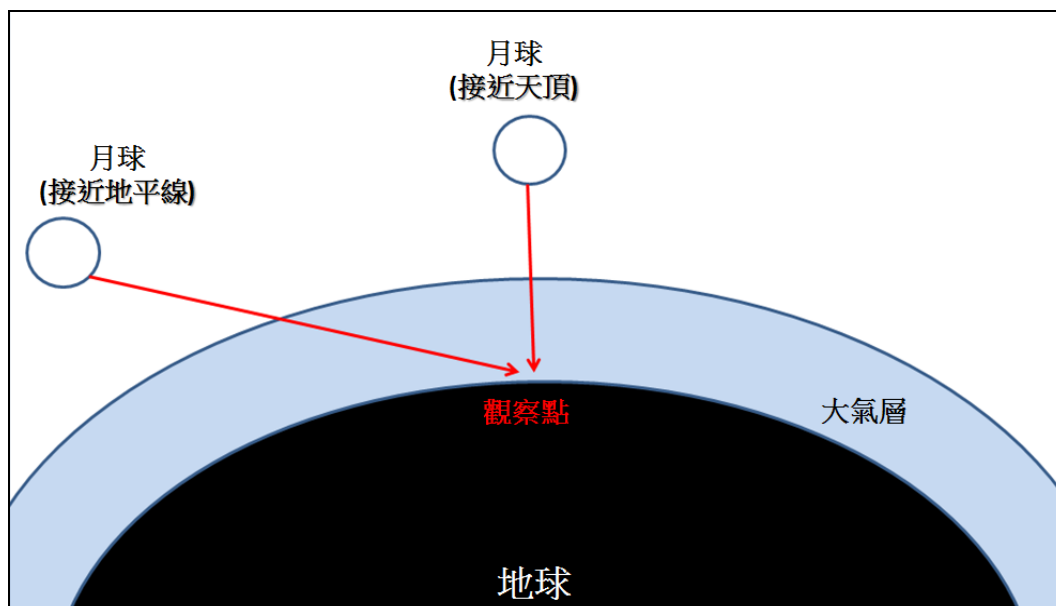
研習結果如下圖所示，附錄二顯示相關數據。結果顯示月球仰角越高，光度越高。



討論

當月球接近地平線時，光線要通過較厚的大氣層才能到達觀察者。當月球接近天頂時，光線只要通過較薄的大氣層便能到達觀察者，所以減光較少。因此，月球仰角越高，光度越高。

圖表不是一條順滑曲線，這可能是因為觀察期間有薄雲飄過，影響月球光度所致。



研習 3: 月球顏色隨時間的變化

方法

月球仰角越高，顏色由偏紅轉為白色。我們也可以用數據和圖表表達這個變化。

每張月球圖片由紅、藍和綠三種顏色的數據結合而成。每種顏色的數據可用那顏色的亮度分布圖代表。例如，在色階版面中，可在色版選擇「紅」，以獲得紅色部份的亮度分布圖，如下圖所示

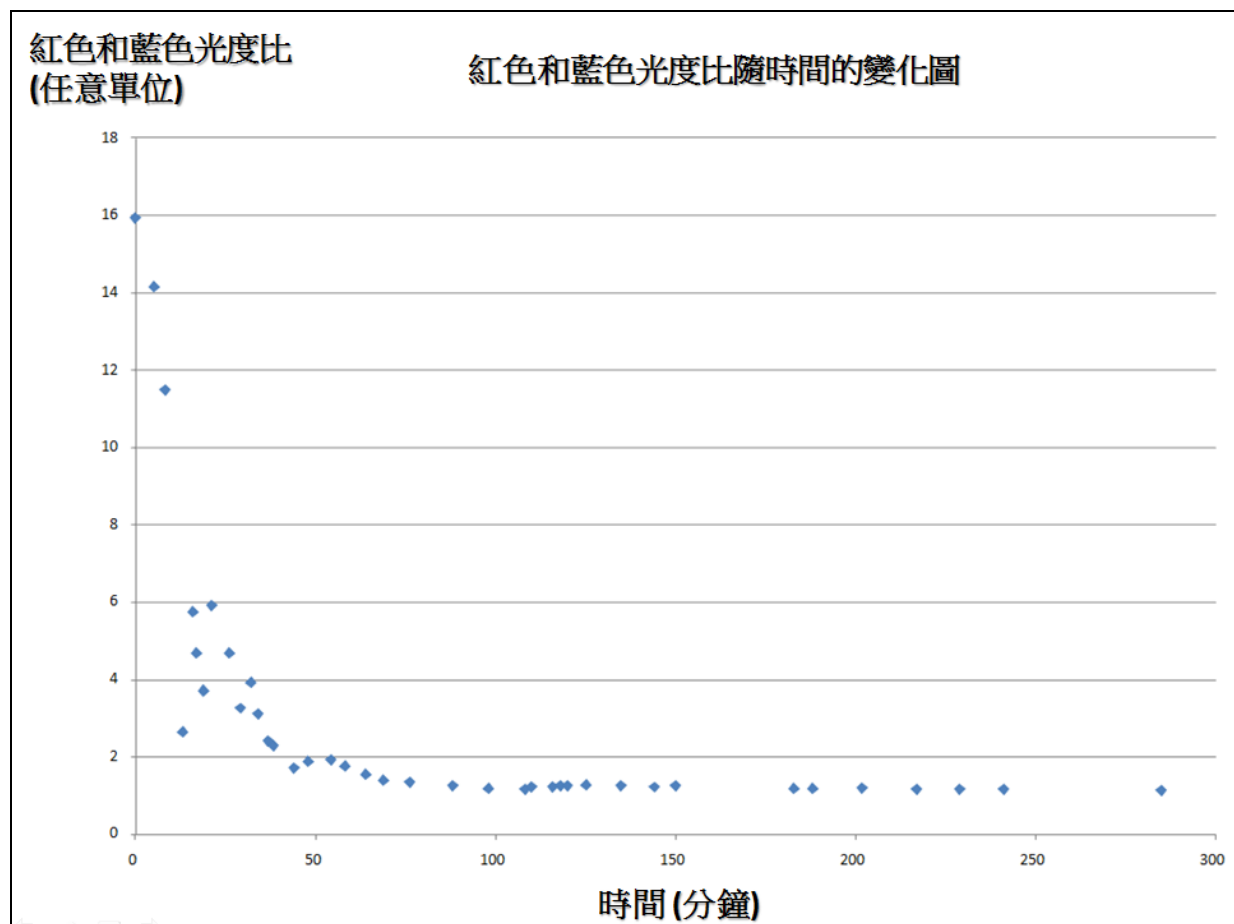


和研習二一樣，我們以亮度分布圖的主要部份的最大值作為光度，從而取得紅色和藍色的光度。和研習 2 一樣，我們要考慮每張相的曝光時間和感光度(ISO)的不同，修正這些光度數據，最後的結果便如同所有相都用同一的曝光時間和感光度拍攝。

我們可用紅色和藍色光度之比代表顏色。例如，一張白色的相，紅色和藍色的光度一樣，所以比例是 1。如果一張相的顏色偏紅，紅色光度比藍色大，所以比例大過 1。最後，我們便得出一個線圖。

結果

研習結果如下圖所示，附錄三顯示相關數據。結果顯示月球仰角越高，顏色越由偏紅轉為接近白色。



討論

為什麼接近地平線的月球顏色偏紅？這是月球光線被地球大氣散射的結果[2]。

當光進入地球的大氣層後，大氣粒子會吸收部份光，再向四方八面輻射出來。實驗顯示，波長短的藍光較紅光容易被散射。當月球接近地平線時，光須穿過較厚的大氣層才到達觀察者，大部份藍光被散射，餘下紅光，所以月球顏色偏紅。當月球接近天頂時，由於光只穿過較薄的大氣層，藍光被散射的程度較少，所以月球看起來比較接近白色。這現象和夕陽偏紅的原理一樣。

圖表不是一條順滑曲線，這可能是因為觀察期間有薄雲飄過，影響月球光度所致。

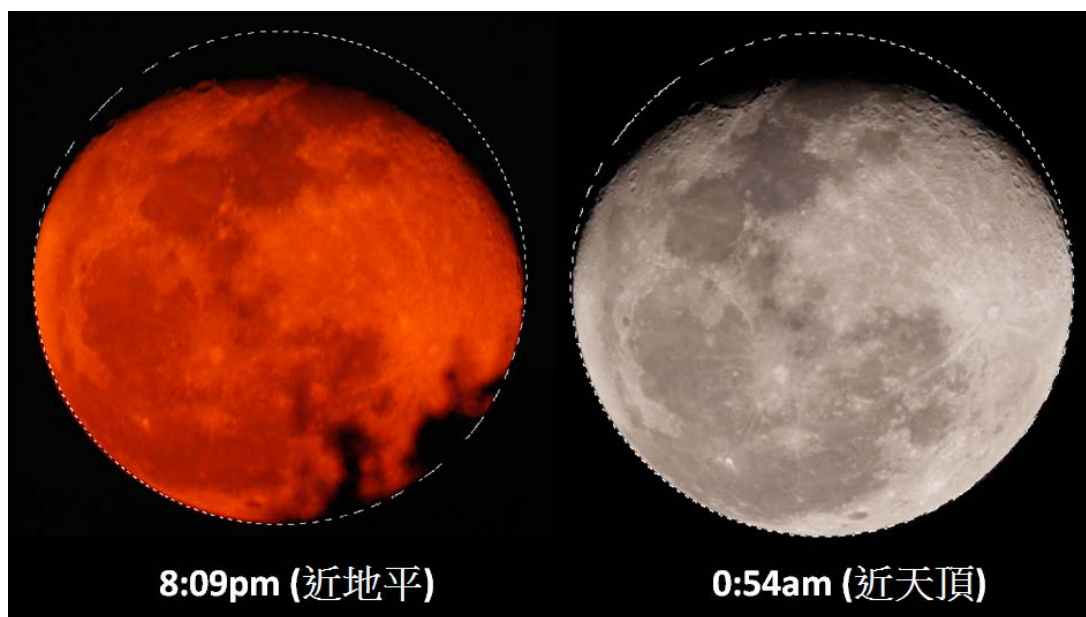
研習 4: 月球形狀隨時間的變化

方法

在 Photoshop 運用「橢圓選取畫面工具」拖出一個圓形，然後調教圓形的寬度和高度，直到能完全吻合月亮的邊緣，便可檢查近地平和近天頂的月球影像是否均呈圓形。

結果

近地平和近天頂的月球均呈圓形，未能發現因大氣折射而令近地平的影像變形的現象 [3]。



討論

由於視野受遮擋，拍攝首數張月球圖片時，月球的仰角已是約 5° ，能拍攝到月球仰角非常接近 0° 的情況，因此記錄不到變形的現象。

E. 總結

研究顯示，當月球仰角越高:

1. 地月距離越小
2. 光度越高
3. 顏色由偏紅轉為接近白色

F. 參考資料

1. <http://zh.wikipedia.org/zh/%E6%9C%88%E7%90%83%E9%8C%AF%E8%A6%BA>
2. <http://www.hk-phy.org/iq/skycolor/skycolor.html>
3. <http://www.dsusd.k12.ca.us/users/phealy/physics/Ebook/htm/chp28sec28-4.htm>

附錄一：研習一數據

時間	直徑(像素)
20:09	1523
20:14	1525
20:17	1526
20:22	1527
20:25	1527
20:26	1527
20:28	1527
20:30	1527
20:35	1527
20:38	1527
20:41	1527
20:43	1527
20:46	1527
20:47	1527
20:53	1528
20:55	1528
20:57	1528
21:03	1528
21:07	1528
21:13	1528
21:18	1528
21:25	1528
21:37	1528
21:47	1528
21:57	1529
21:59	1529
22:05	1529
22:07	1529
22:09	1529
22:14	1530
22:24	1531
22:33	1531
22:39	1532
23:12	1534
23:17	1534
23:31	1534
23:46	1534
23:58	1535
0:10	1535
0:54	1538

附錄二：研習二數據

時間	ISO	曝光時間 (秒)	光度 (任意單位)	修正光度 (任意單位)
20:09	1600	1.6000	197	38
20:14	1600	0.3000	178	183
20:17	1600	0.3000	212	217
20:22	1600	0.3000	251	257
20:25	1600	0.0833	194	716
20:26	1600	0.0833	205	757
20:28	1600	0.0833	217	801
20:30	1600	0.0167	108	1994
20:35	1600	0.0167	137	2529
20:38	1600	0.0167	167	3083
20:41	1600	0.0167	130	2400
20:43	800	0.0167	147	3780
20:46	800	0.0167	171	4397
20:47	800	0.0167	173	4449
20:53	800	0.0167	200	5143
20:57	400	0.0167	164	6709
21:03	200	0.0167	130	7800
21:07	200	0.0167	139	8340
21:13	200	0.0167	153	9180
21:18	200	0.0167	163	9780
21:25	200	0.0167	172	10320
21:37	200	0.0167	184	11040
21:47	200	0.0167	203	12180
21:57	200	0.0167	215	12900
21:59	200	0.0100	184	18400
22:05	200	0.0100	193	19300
22:07	200	0.0100	199	19900
22:09	200	0.0100	204	20400
22:14	200	0.0050	150	30000
22:24	200	0.0050	165	33000
22:33	200	0.0050	170	34000
22:39	200	0.0050	175	35000
23:12	200	0.0050	186	37200
23:17	200	0.0040	183	45750
23:31	200	0.0040	178	44500
23:46	200	0.0040	195	48750
23:58	200	0.0040	184	46000
0:10	200	0.0040	183	45750
0:54	200	0.0040	209	52250

附錄三：研習三數據

時間	紅色光度 (任意單位)	藍色光度 (任意單位)	紅色和藍色光度比
20:09	207	13	15.9
20:14	184	13	14.2
20:17	218	19	11.5
20:22	251	95	2.6
20:25	201	35	5.7
20:26	211	45	4.7
20:28	223	60	3.7
20:30	118	20	5.9
20:35	145	31	4.7
20:38	173	53	3.3
20:41	137	35	3.9
20:43	155	50	3.1
20:46	177	74	2.4
20:47	180	79	2.3
20:53	206	121	1.7
20:57	168	16	10.5
21:03	169	90	1.9
21:07	137	72	1.9
21:13	147	84	1.8
21:18	160	103	1.6
21:25	169	121	1.4
21:37	178	135	1.3
21:47	190	153	1.2
21:57	208	178	1.2
21:59	221	193	1.1
22:05	189	158	1.2
22:07	198	164	1.2
22:09	204	164	1.2
22:14	209	170	1.2
22:24	156	123	1.3
22:33	170	138	1.2
22:39	176	144	1.2
23:12	180	147	1.2
23:17	191	162	1.2
23:31	188	159	1.2
23:46	182	153	1.2
23:58	200	174	1.1
0:10	189	165	1.1
0:54	188	164	1.1