

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 地球科學科

第三名

080502

太陽打從西邊出來？

—地球與金星上太陽在空中位置變化的情形

學校名稱：桃園縣中壢市華勛國民小學

作者：  小五 邱 晨  小四 黃伶綺  小四 熊恩毅  小四 董秉睿  小五 袁嘉宏	指導老師：  蘇昭芬  蔡本慧
---	-----------------------------

關鍵詞：Stellarium 星空模擬軟體、行星傾斜角、

自轉軸

# 太陽打從西邊出來？---地球與金星上太陽在空中位置變化的情形

## 摘要

上自然課時，老師在教月亮以及太陽這個單元時都用了一個 Stellarium 模擬軟體，我們發現從這個軟體可以觀察以前我們所無法觀察到的天體，感覺很有趣也很容易了解。藉著本研究主題，我們終於可以一探有關太陽移動軌跡的秘密，而不必透過長期的觀測，更可藉由軟體的功能，進行地球與金星上太陽在空中移動軌跡的實驗研究，讓我們了解到，原來太陽位置的變化是受到了行星自轉軸傾斜角度及其自轉、公轉的方向與速度的影響，並且觀察者所在的觀察地點的不同也會發現太陽有不同的位置變化情形。這次的探究活動，讓我們印證了課本中所學到有關太陽的概念，並相信太陽有可能打從西邊出來，只是，不是發生在地球上。

## 壹、研究動機

自然課中，老師說太陽和月亮、星星都是東升西落，每天觀察太陽真的也都是東升西落，好多人也常說，「如果你能完成那件事，明天的太陽就會打從西邊出來」，這好像也十分肯定太陽一定是東升西落。但是，宇宙這麼大，每個星球上太陽的移動軌跡都會相同嗎？學校學長姐在解說星空時，提到金星上的太陽是從西邊出來的，果真如此又是會怎樣的情形呢？為了一探究竟，想透過老師常用的 Stellarium 模擬軟體，來了解地球與金星上太陽在空中位置的變化情形。

## 貳、研究目的

- 一、學習操作 Stellarium 軟體並發覺 Stellarium 軟體的各項功能及用途
- 二、利用 Stellarium 軟體蒐集地球上世界各地(南北極、赤道、南北回歸線)一年四季代表日中，太陽方位角及高度角的資料，並探討其變化情形。
- 三、蒐集金星相關的文獻資料，並配合 Stellarium 軟體模擬金星上太陽在空中運行的情形。
- 四、利用 Stellarium 軟體蒐集金星上太陽的方位角及高度角的數據資料，並探討其變化情形。
- 五、綜合歸納地球與金星自轉與公轉情形的差異對太陽在空中位置變化的影響

## 參、研究設備及器材

筆記型電腦、Stellarium 模擬軟體、半天球模型(天空模型)、方位盤、仰角尺標、各色奇異筆、地球儀、保麗龍球





## 肆、 研究過程

研究一、學習操作 Stellarium 軟體並發覺 Stellarium 軟體的各項功能及用途

**方法：**

- 1.了解 Stellarium 軟體的操作介面，熟悉各項工具列的意義及功能。
- 2.以所居住的中壢市為觀察地點，透過工具列的各項功能，觀察星體的運行情形。
- 3.以不同的觀察地點(地球各地、金星)，體驗透過 Stellarium 軟體，可以進行天體運行的探究活動。

**探究結果：**

	
可調整至任何地點	可調整任何日期、時間
	
左、下兩列工具列都有使用說明	軟體可以到八大行星等星體模擬

圖(一)以校景為背景，模擬軟體功能

- 1.透過 Stellarium 軟體經度及緯度的設定，我們可以輕易的調整觀察地點，方便使用者做主題探究。
2. Stellarium 軟體可以清楚顯示出各地任何時刻太陽的位置，包括方位及高度角。
3. Stellarium 軟體所顯示的方位及高度角，數字精密，適合用來做資料分析。
4. Stellarium 軟體所顯示的星體位置，可以將畫面複製並做成資料加以分析。
- 5.對於星體運行的軌跡變化，透過 Stellarium 軟體，可以讓我們反覆操作，方便我們確定星體位置變化的情形。

研究二、利用 Stellarium 軟體蒐集地球上世界各地(南北極、赤道、南北回歸線)一年四季代表日中，太陽方位角及高度角的資料，並探討其變化情形。

**方法：**

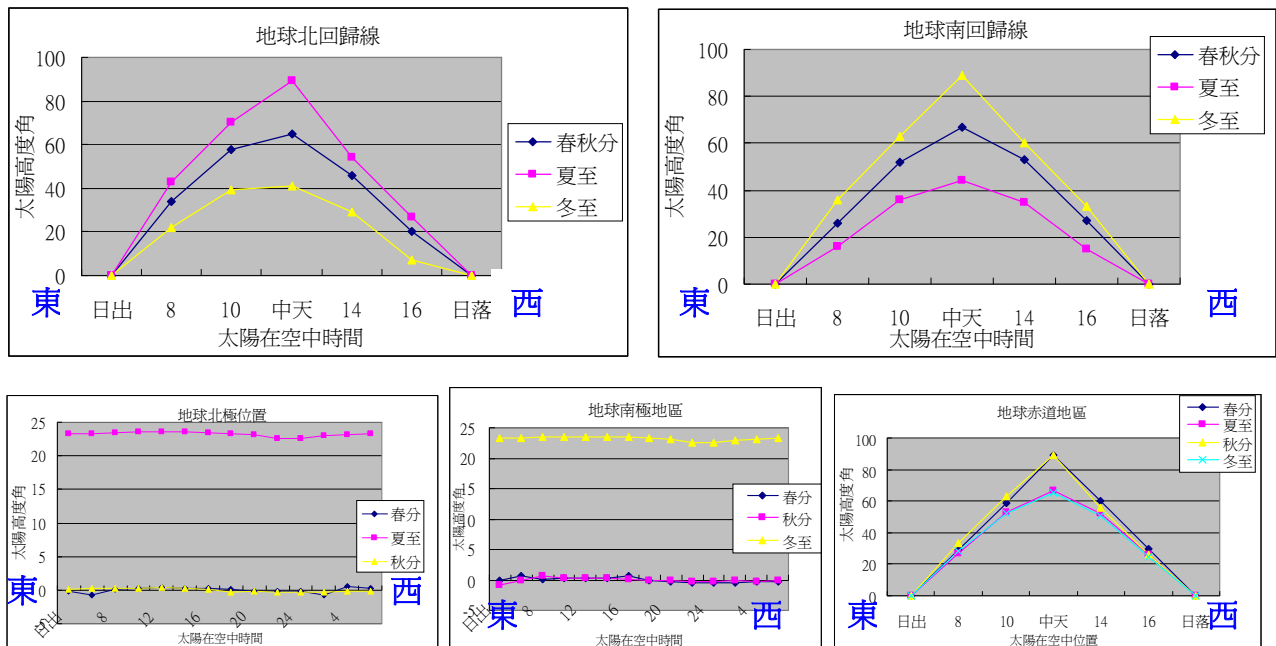
- 1.以居住地中壢的經度為基準(E121°13' 12" )透過軟體來看太陽位置變化的情形。
- 2.用軟體定位出地球上赤道、南北回歸線、南北極各地的位置

	赤道地區	南回歸線地區	北回歸線地區	南極地區	北極地區
經度	E121°13' 12"	E121°13' 12"	E121°13' 12"	E121°13' 12"	E121°13' 12"
緯度	N0°(S0°)	S23°30' 00"	N23°30' 00"	S90°00' 00"	N90°00' 00"

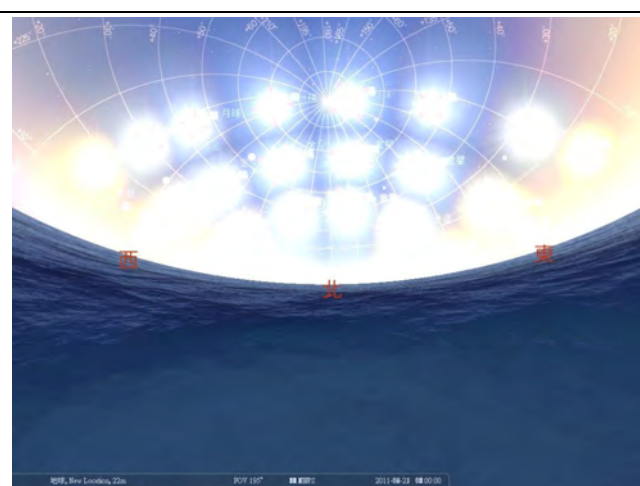
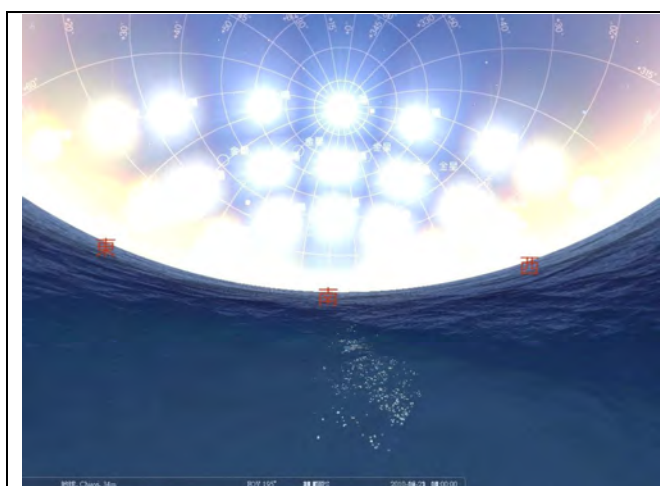
- 3.利用軟體蒐集 2011 年太陽在地球上各地(赤道、南北回歸線、南北極)太陽位置變化情形，在四季代表日（春分 3/21、夏至 6/21、秋分 9/23、冬至 12/22）記錄當日一天中太陽在空中的位置，並將數據表格化。
- 4.將地球各地太陽的方位角及高度角資料轉錄到天空模型，並製作以地球為中心的簡易天球儀。
- 5.模擬地球自轉與公轉模型。

**探究結果：**

- 1.地球上各地(南北極、赤道、南北回歸線)四季代表日的太陽方位角及高度角資料如【附錄表(一)~表(五)】
- 2.以日升日落及中午太陽的位置來比較，地球上各地太陽位置變化情形不同。如圖(二)及圖(三)

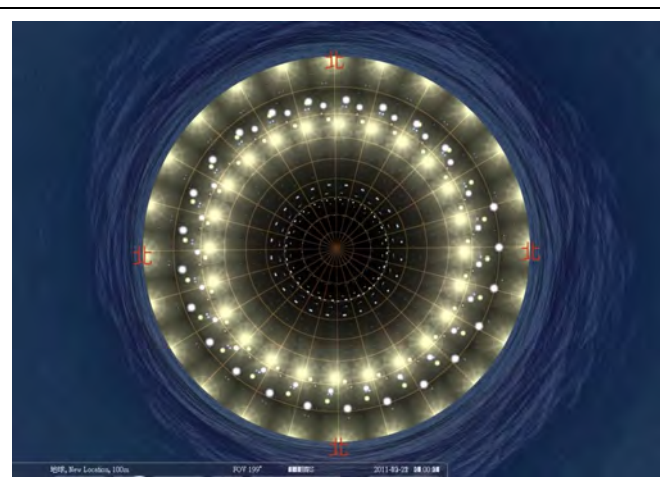
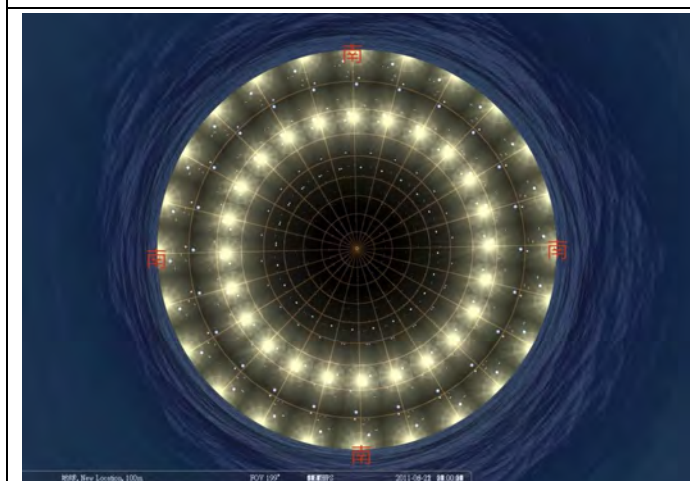


圖(二)地球上南北極、赤道、南北回歸線四季代表日的太陽在空中移動的折線圖



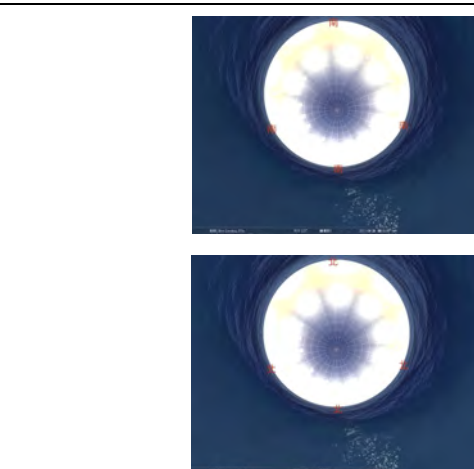
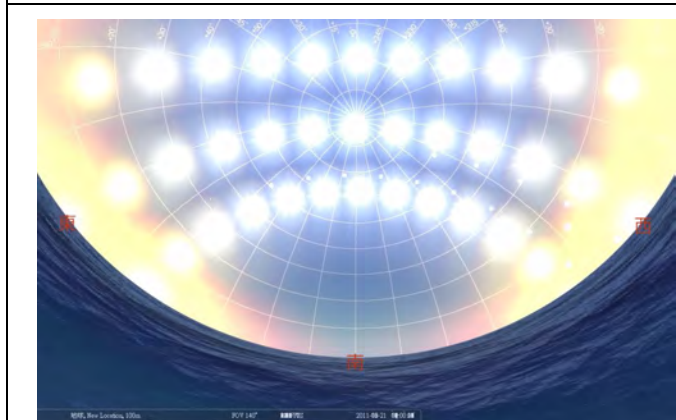
北回歸線(面南)太陽在空中軌跡圖由上而下為夏至、春秋分、冬至

南回歸線(面北)太陽在空中軌跡圖由上而下為冬至、春秋分、夏至



北極太陽在空中軌跡圖由內而外為夏至、春秋分、冬至在地平面以下(背景調暗)

南極太陽在空中軌跡圖由內而外為冬至、春秋分、夏至在地平面以下(背景調暗)

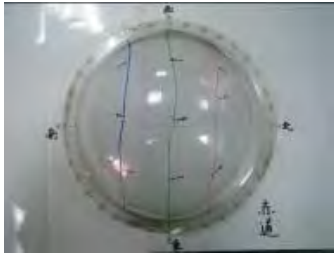

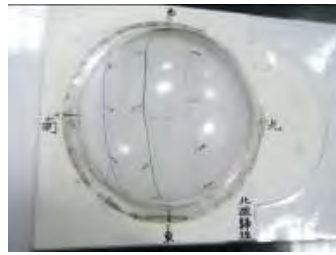
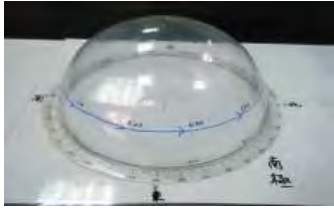



赤道太陽在空中軌跡圖由內上而下為夏至、春秋分、冬至

北極、南極太陽在空中軌跡圖由內而外為夏至、春秋分、冬至在地平面以下(背景正常)

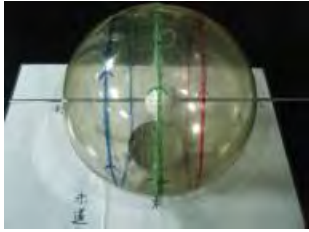




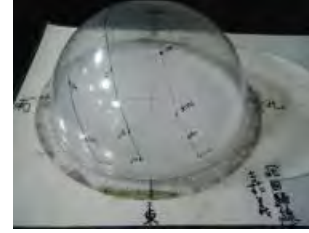




圖(三)地球各地代表日太陽在空中位置變化

3.地球上各地(赤道、南北回、南北極)四季太陽位置在天空模型上的移動軌跡不同。如圖(四)

	赤道	南回歸線	北回歸線
立體 天空 模型 圖			
	北極	南極	
			








圖(四) 地球上各地(赤道、南北回、南北極)四季太陽位置在天空模型上的移動軌跡圖

4.透過自製的簡易天球儀，我們發現地球上各地(南北極、赤道、南北回歸線)太陽位置在空中變化的情形，與結果3相同，如下圖(五)：

	赤道	南回歸線	北回歸線
簡易天 球儀上 太陽位 置的變 化情形			
各地天 空模型 上太陽 位置變 化情形			
	南極	北極	
簡易天 球儀上 太陽位 置的變 化情形			
各地天 空模型 上太陽 位置變 化情形			

圖(五)簡易天球儀與天空模型圖比較

5.地球在不同的公轉位置上，太陽照射的位置就不相同，但是具有規律性，一年循環一次。說明如下圖(六)：

地球公轉模型	公轉位置	公轉位置放大圖	太陽照射位置	季節代表日
	1		太陽直射赤道	春分
	2		太陽直射北回歸線	夏至
	3		太陽直射赤道	秋分
	4		太陽直射南回歸線	冬至

圖(六) 地球在不同的公轉位置

## 發現：

1.由圖(二)、圖(三)、圖(四)、圖(五)得知地球上各地太陽在空中移動的軌跡：

(1).北回歸線地區：

春分時，太陽正東升起，中午高度角小於 90 度經過南方天空，再正西落下，之後太陽每日的高度角逐日增高往北移動；到夏至時，太陽東偏北升起，中午高度角約 90 度，在西偏北落下，之後太陽每日的高度角逐日遞減往南移動；到秋分時，太陽正東升起，中午高度角小於 90 度經過南方天空，再正西落下，之後太陽每日的高度角逐日遞減往南移動；冬至時，太陽東偏南升起，中午高度角小於 90 度經過南方天空，再西偏南落下，之後太陽每日的高度角逐日增高往北移動，又回到春分時的位置。依此，每年循環。

(2).南回歸線地區：

春分時，太陽正東升起，中午高度角小於 90 度經過北方天空，再正西落下，之後太陽每日的高度角逐日遞減往北移動；夏至時，東偏北升起，中午高度角小於 90 度經過北方天空，再西偏北落下；秋分時，太陽正東升起，中午高度角小於 90 度經過北方天空，再正西落下，之後太陽每日的高度角逐日增高往南移動；冬至時，太陽東偏南升起，中午高度角約 90 度，再西偏南落下，之後太陽每日的高度角逐日遞減往北移動，又回到春分時的位置。依此，每年循環。

(3).南極地區：

春分時，太陽順時針在地平線處環繞，之後，太陽高度角逐日遞減，到夏至時，太陽在地平線以下 23.5 度之處，所以無法看見太陽，之後太陽高度角逐日增高，到秋分時，太陽又回到地平線處順時針環繞；之後太陽高度角又逐日增高，到冬至時，太陽在高度角 23.5 度之處順時針環繞，太陽終日沒有落下，之後太陽高度角逐日遞減，回到春分時的位置。所以在南極，夏天時終日見不到太陽，而冬天時太陽終日可見。

(4).北極：

春分時，太陽在地平線處逆時針環繞，之後，太陽高度角逐日增高，到夏至時，太陽在高度角 23.5 度之處逆時針環繞，太陽終日沒有落下，之後太陽高度角逐日遞減，到秋分時，太陽又回到地平線處逆時針環繞；之後太陽高度角又逐日遞減，到冬至時，太陽在地平線以下 23.5 度之處，所以無法看見太陽，之後太陽高度角逐日增高，回到春分時的位置。所以在北極，夏天時太陽終日可見，而冬天時，終日見不到太陽。

(5).赤道地區：

春分時，太陽正東升起，中午高度角 90 度，再正西落下，之後太陽高度角逐日遞減，往北移動，至夏至時太陽由東偏北垂直升起，中午時，太陽高度角接近 67 度，再由西偏北垂直落下，之後太陽高度角逐日增高，到秋分時，又回到春分時的位置，之後太陽高度角逐日遞減，往南移動，到冬至時，太陽由東偏南垂直升起，中午時，太陽高度角接近 67 度，再由西偏南垂直落下，之後又回到春分的位置，一年循環一次。

2.由圖(六)得知地球自轉公轉情形影響地球上太陽在空中位置的變化：

(1)地球是逆時針自轉，所以在地球上，太陽都是東升西落。

(2).因為地軸傾斜 23.5 度，加上地球的逆時針公轉位置變化，太陽照射地球的位置就不同。

(3).春季時太陽直射赤道，夏季時太陽直射北回歸線(北半球溫度較高)，秋季時太陽又直射赤道，冬季時太陽直射南回歸線(南半球溫度較高)。一年循環一次，造成了四季的變化。



(4).太陽直射的地區，中午太陽高度角較高，溫度也較高；太陽沒有直射的地區，中午太陽高度角較小，溫度也較低。

(5).一年中太陽移動的範圍就在南北回歸線(南北緯 23.5 度)之間移動，造成地球上各地溫度的差異，並產生四季的變化。

3.綜上所述歸納如下表(一)：

表(一)

項目及地點		赤道	南回歸線	北回歸線	南極	北極
春分	日升方位	正東方	正東方	正東方	太陽在地平線附近順時針環繞	太陽在地平線附近逆時針環繞
	中午太陽高度角及方位角	方位角：180° 高度角：89°	方位角：0° 高度角：67°	方位角：180° 高度角：65°		
	日落方位	正西方	正西方	正西方		
夏至	日升方位	東偏北	東偏北	東偏北	形成永夜	形成永晝 太陽終日 在高度角 約 23.5 度 之處逆時 針環繞
	中午太陽高度角及方位角	方位角：0° 高度角：67°	方位角：0° 高度角：44°	方位角：180° 高度角：89°		
	日落方位	西偏北	西偏北	西偏北		
秋分	日升方位	正東方	正東方	正東方	太陽在地平線附近順時針環繞	太陽在地平線附近逆時針環繞
	中午太陽高度角及方位角	方位角：180° 高度角：89°	方位角：0° 高度角：67°	方位角：180° 高度角：65°		
	日落方位	正西方	正西方	正西方		
冬至	日升方位	東偏南	東偏南	東偏南	形成永晝。太陽終日 在高度角 約 23.5 度之處 順時針 環繞	形成永夜
	中午太陽高度角及方位角	方位角：180° 高度角：65°	方位角：180° 高度角：89°	方位角：180° 高度角：41°		
	日落方位	西偏南	西偏南	西偏南		

**推測：**

我們認為因為地軸傾斜 23.5 度，加上公轉位置的變化，造成上述地球太陽位置的變化。

所以我們推想：

- (1)假使地球的地軸傾斜度變小，那太陽照射地球的移動範圍一定也就變小，各地的四季變化與溫度也會有所不同。
- (2)假使地球的公轉自轉的情形不同，看到的日升日落情形也會隨之改變。
- (3)可以利用 Stellarium 軟體找其他的星球，觀察其太陽位置變化的情形。

研究三、蒐集金星相關的文獻資料，並配合 Stellarium 軟體模擬金星上太陽在空中運行的情形。

**方法：**

- 1.比較金星上恆星日與太陽日的差異：  
從模擬軟體中在金星上觀察太陽與一顆遙遠的恆星(織女星)，看看當金星自轉一圈再度看到遙遠的織女星時，會看見幾次的日升日落，來證明金星自轉一圈的時間中會有幾次的日升日落(幾個太陽日)。
- 2.蒐集金星的基本物理數據資料，並與模擬軟體蒐集到金星上太陽運行天數做比較。
- 3.模擬金星公轉與自轉，解釋金星上一年與一天之間的關係。

**結果：**

- 1.從模擬軟體中我們在金星上將太陽與遙遠的恆星星(織女星)比對時，我們發現當金星自轉一圈再度看見織女星時的這個過程中，我們可以看見金星上會有 2 次的日升日落。也就是金星自轉一圈會產生 2 天的太陽日。
- 2.金星的基本物理數據資料及用 Stellarium 模擬軟體所得資料，如下表：

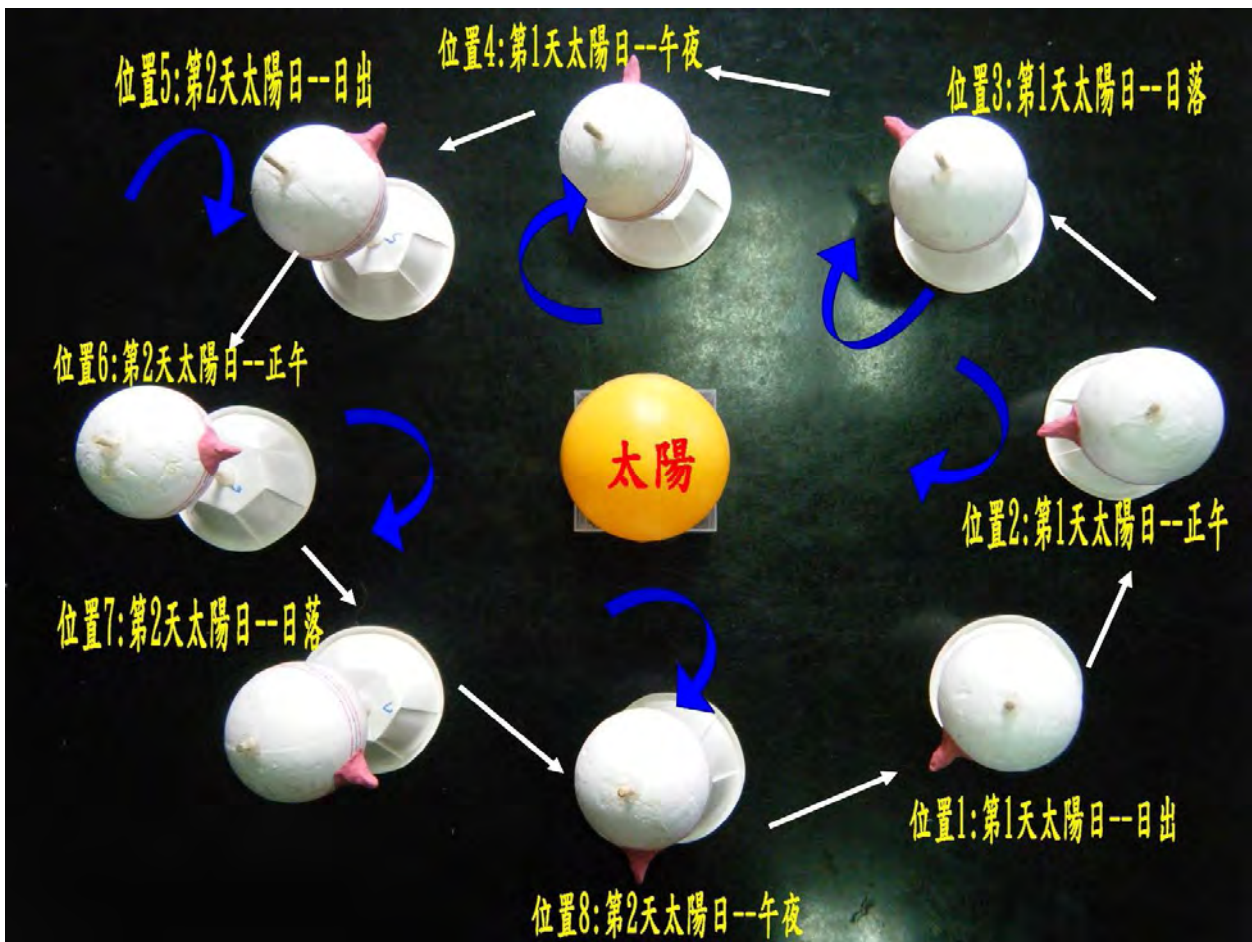
表(二)

金星基本物理數據資料		地球基本物理數據資料	
自轉天數(地球日)	順時針 243 天	自轉天數(地球日)	逆時針 365 天
公轉天數(地球日)	逆時針 224 天	公轉天數(地球日)	逆時針 365 天
金星地軸傾斜角度	-2.6 度(177.4°)	地球地軸傾斜角度	23.5 度

表(三)

Stellarium 模擬軟體 2011 年在金星上太陽的移動軌跡資料(單位:地球日)					
金星日升日落約地球日 自轉一圈中共有 238 次	第一次 日升日落	從日升到日落 起迄日期	2/15~4/16	共 61 天	金星上的半 天共長 119 個 地球日
		黑夜起迄日期	4/16~6/12	共 58 天	
	第二次 日升日落	從日升到日落 起迄日期	6/12~8/9	共 59 天	金星上的半 天共長 119 個 地球日
		黑夜起迄日期	8/9~10/7	共 60 天	

- 3.金星公轉自轉的模擬模型如圖(七)



圖(七) 金星公轉自轉的模擬模型(上方拍攝)

※紅色油土：觀測者位置、白色箭頭表示金星公轉方向(逆時針)、藍色箭頭表示金星自轉方向(順時針)



側面拍攝

#### 發現：

1.由表(二)得知：

- (1).金星的自轉速度很慢，與公轉的時間只多了 19 天，如果把 19 天省略不計，金星的自轉與公轉速度幾乎相同，也就是金星公轉太陽一圈，金星自己本身也才約自轉一圈。
- (2).金星的自轉方向與地球不同為順時針，所以太陽會從西方升起東方落下。
- (3).原本行星自轉一圈只會有一次的日升日落，但從軟體中(結果 1)卻發現金星自轉一圈中，卻能看到兩次的日升日落，這是由於金星自轉速度太慢幾乎與公轉速度相同，且自轉方向與公轉方向相反所致。

2.由表(三)得知：

- (1).在金星上每半個金星日約是地球日 119 天，一個金星日共約地球日 238 天，跟金星公轉一圈的時間(約地球日 224 日)差不多，也與金星自轉一圈的時間(約地球日 243 天)約略相同。
- (2).所以在此我們先以金星自轉與公轉的時間相同來做說明，且金星公轉一圈的時間裏，金星差不多也自轉一圈，出現 2 次日升日落，也就是金星的一年中只有兩個太陽日(1 個金星日)。

3.由表(二)、表(三)及圖(七)得知：

- (1).因為金星自轉軸傾斜角為-2.6 度，所以金星公轉一圈時，太陽能照射移動的範圍就在南北緯 2.6 度之處。

- (2) 金星公轉的一年約等於金星自轉一圈的時間，而金星自轉一圈有 2 次的日升日落，也就是金星上的一年只有 2 天的太陽日(1 個金星日)。
- (3) 金星上每一次的白天與黑夜的時間各約有 60 天地球日，也就是金星上半天的時間約是 120 天地球日(約 4 個月地球日)，可見金星的自轉速度很慢。
- (4).因為金星的一年中只有兩次日升日落，所以太陽的位置會一次偏北，一次偏南，交替循環。但是移動幅度不大，因為金星只傾斜約 2.6 度。
- (5).金星上的第一天太陽日：清晨日出在圖(七)位置 1，中午在圖(七)位置 2，日落在圖(七)位置 3，午夜在圖(七)位置 4。
- (6).金星上的第二天太陽日：清晨日出在圖(七)位置 5，中午在圖(七)位置 6，日落在圖(七)位置 7，午夜在圖(七)位置 8。
- (7).在金星上，若以地球的春分、夏至、秋分、冬至四點的位置來看，金星公轉太陽的一年中，兩次的日升日落剛好位在春夏秋冬不同的季節中。
- (8).雖然金星的一次日升日落中即經歷了季節的變換，但溫度變化卻不是很大，因為金星只傾斜約 2.6 度，所以太陽也只在赤道與南北緯 2.6 度之間移動，所以在金星赤道及南北回歸線的地區溫度應差不多，變化不大。而在金星在南北極地區，溫度應較為寒冷，因太陽只在赤道及南北緯 2.6 度之間移動，所以對南北極地區而言，太陽的高度角很低，沒有直射。但是因為金星上有濃厚的二氧化碳大氣層，造成溫室效應，導致金星溫度很高，所以季節對金星來說是沒有影響的。

4.綜上所述歸納如下表(四)

表(四)金星上一年中兩次太陽日太陽直射位置比較

第一次太陽日太陽直射金星位置			第二次太陽日太陽直射金星位置		
清晨日出	太陽直射赤道與北回歸線 (2.6 度) 之間	圖(七)位置 1	清晨日出	太陽直射赤道與南回歸線 (2.6 度) 之間	圖(七)位置 5
正午	太陽直射北回歸線 (2.6 度)	圖(七)位置 2	正午	太陽直射南回歸線 (2.6 度)	圖(七)位置 6
傍晚日落	太陽直射赤道與北回歸線 (2.6 度) 之間	圖(七)位置 3	傍晚日落	太陽直射赤道與北回歸線 (2.6 度) 之間	圖(七)位置 7
午夜	太陽直射赤道	圖(七)位置 4	午夜	太陽直射赤道	圖(七)位置 8

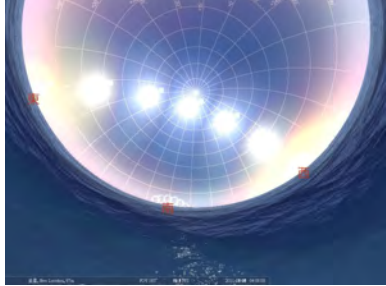
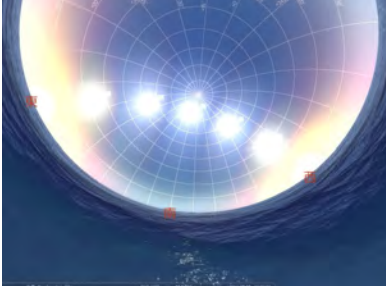
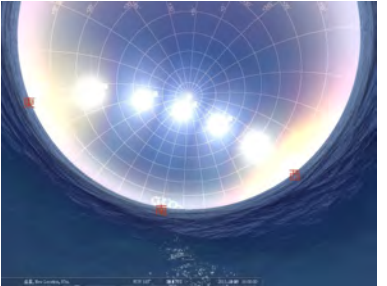
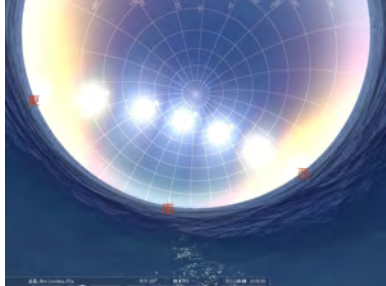
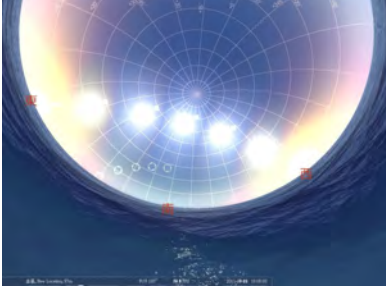
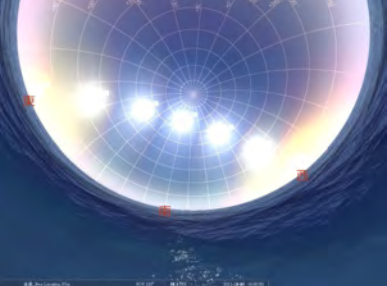
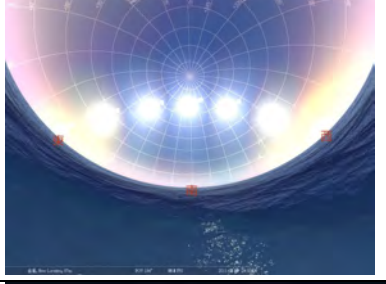
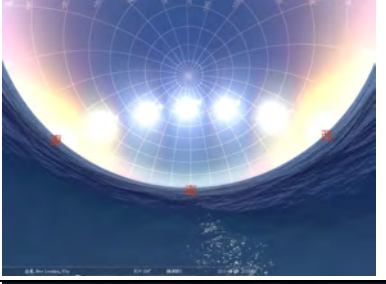
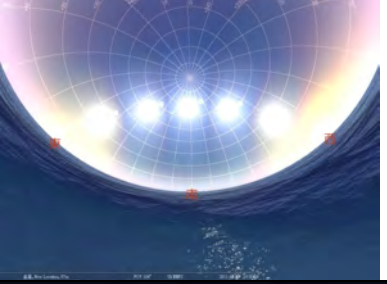
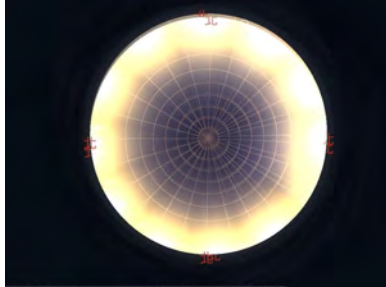
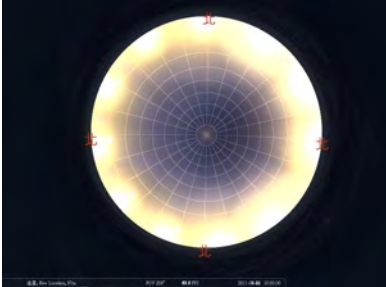
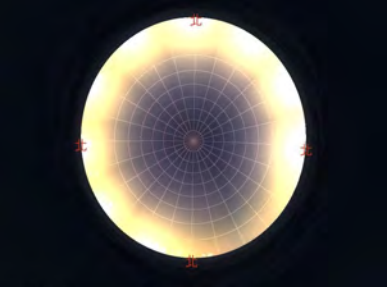
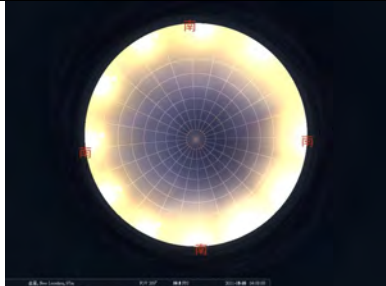
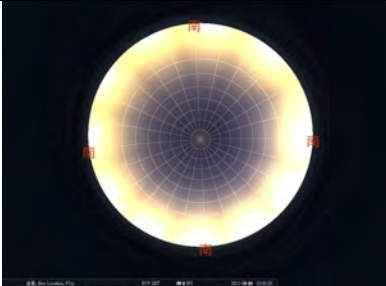
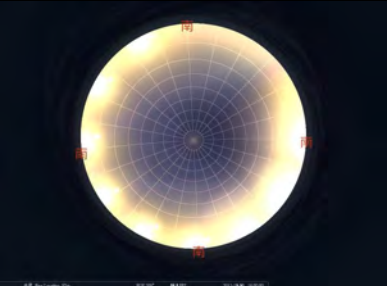
研究四、利用 Stellarium 軟體蒐集金星上太陽的方位角及高度角的數據資料，並探討其變化情形。

**方法：**

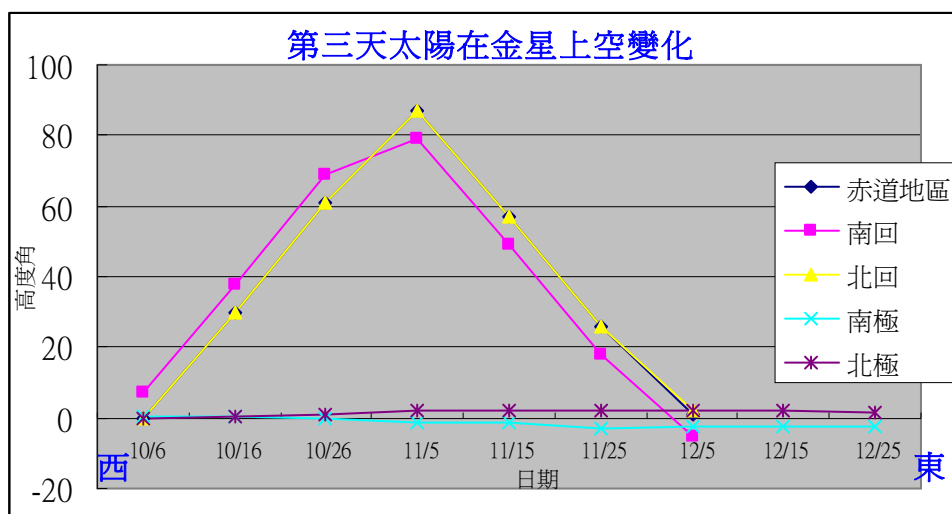
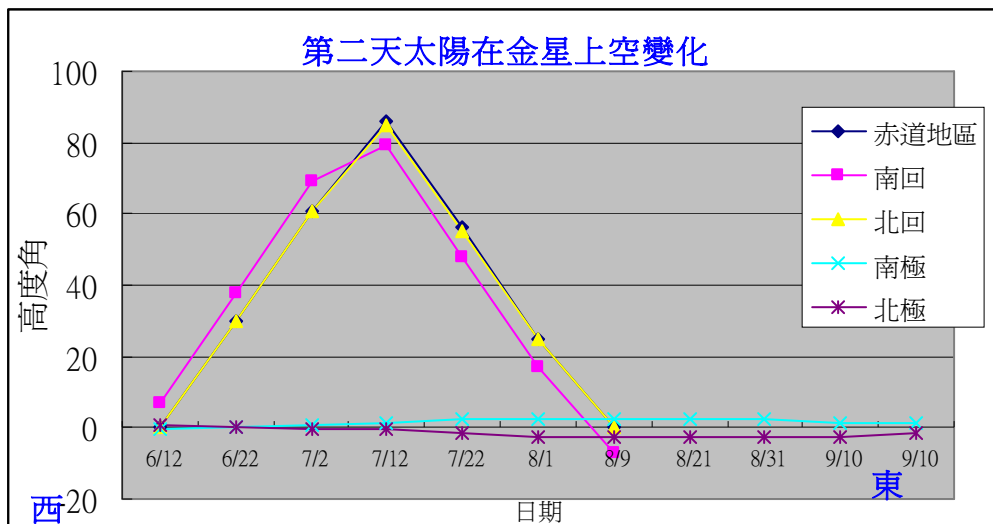
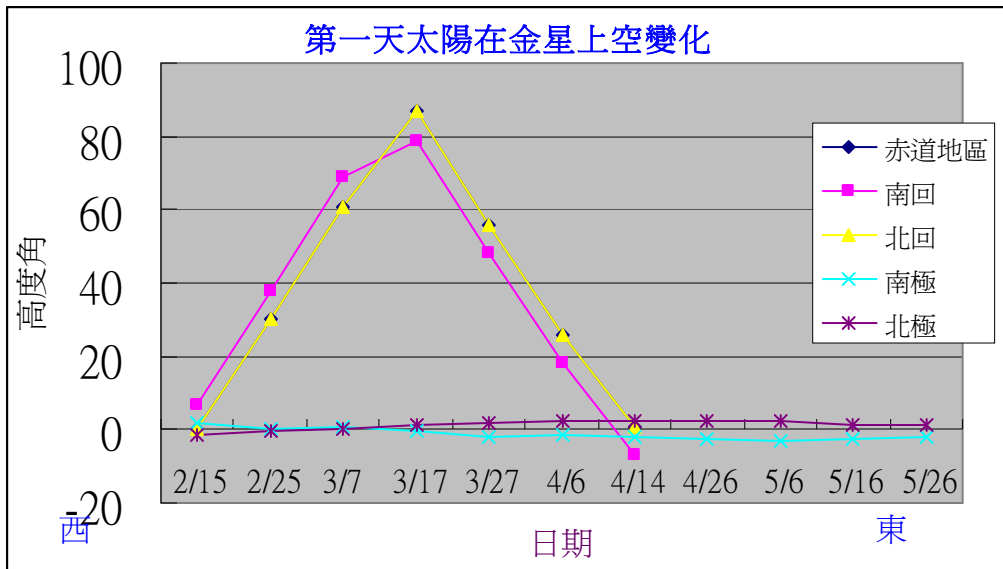
- 1.利用 Stellarium 軟體蒐集 2011 年太陽在金星上赤道、南北回歸線及南北極天空中太陽位置的資料，並探討在金星上太陽位置的變化情形。
- 2.利用天空模型觀察太陽在金星上各地(赤道、南北回歸線、南北極)位置的變化情形

**結果：**

1. 太陽在金星上各地(赤道、南北回歸線、南北極)太陽的位置變化情形具有規律性，金星公轉太陽一圈中，會有兩次完整的日升日落。爲了節省篇幅，所以這裡只呈現 2011 年的變化情形，【參考數據資料如附錄表】~表六到表十】在地球日的一年中，金星只有兩次完整的日升日落，如下圖(八、九)。

	太陽第一天在空中的位置 變化(由西向東移動)	太陽第二天在空中的位置 變化(由西向東移動)	太陽第三天在空中的位置 變化(由西向東移動)
赤道			
南回			
北回			
南極			
	在南極上看太陽爲逆時針環繞	在南極上看太陽爲逆時針環繞	在南極上看太陽爲逆時針環繞
北極			
	在北極上看太陽爲順時針環繞	在北極上看太陽爲順時針環繞	在北極上看太陽爲順時針環繞

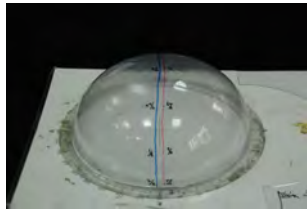
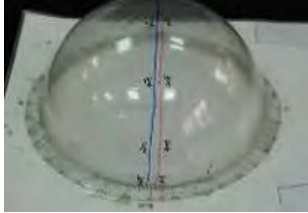
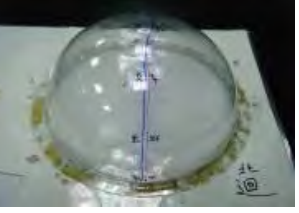


圖(八)金星上各地(赤道、南北回歸線、南北極)太陽在空中的位置變化情形



(圖九) 太陽在金星上各地(赤道、南北回歸線、南北極)太陽的位置變化情形折線圖

2.金星上各地(赤道、南北回歸線、南北極)太陽在天空模型上的移動軌跡不同，赤道及南北

回歸線地區太陽的高度角都很高，且是西升東落，而南北極地區太陽則大約在地平線之地環繞。情形如下圖(十)：

	赤道	南回歸線	北回歸線
金星上各地太陽在天空模型的移動軌跡			
	南極	北極	
金星上各地太陽在天空模型的移動軌跡			

圖(十)金星上各地(赤道、南北回歸線、南、北極)太陽在天空中模型上的移動軌跡圖

**發現：**

由圖(十)可得知：

1.赤道地區太陽移動情形：

從圖(十)中我們可以發現金星赤道上兩次的日升日落運行到中天的位置高度角都維持在 87 度左右，高度角很高，且太陽幾乎是正西升起，正東落下，但太陽運行的軌跡一次稍微偏北方，一次稍微偏南，但距離很接近，具有規律性。

2.南北回歸線地區太陽移動情形：

- (1).日升日落情形與赤道地區接近。
- (2).南回歸線中天時間偏北方，北回歸線中天時間偏南方。

3.南北極地區太陽移動情形：

金星公轉太陽的一年中，有兩次的太陽日(兩次的日升日落)，但是太陽始終都在地平線附近環繞，南極是逆時針環繞，北極是順時針環繞。(與地球相反)

研究五、綜合歸納地球與金星自轉與公轉情形的差異對太陽在空中位置變化的影響


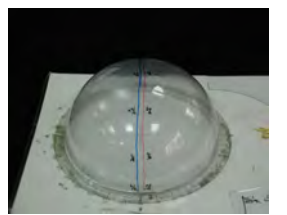

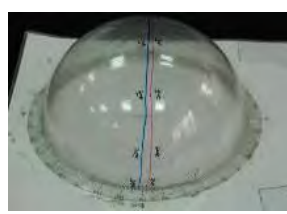



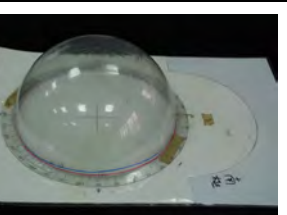


**方法：**

將研究(二)~研究(四)的資料整理歸納成表格加以探討

**結果：**

- 1.金星自轉與公轉情形的差異對太陽在空中位置變化的影響，比較如下表(五)  
表(五)

項目 \ 星球	地球	金星
自轉軸傾斜角度	23.5°	-2.6°(177.4°)
公轉天數(地球日)	約 365 天，逆時針運行	約 224 天地球日，逆時針運行
自轉天數(地球日)	約 1 天，逆時針運行	約 243 天地球日，順時針運行
公轉一年中有幾次日升日落	一年約有 365 次日升日落 (一年約有 365 個太陽日)	一年約有 2 次日升日落 (一年中只有 2 個太陽日)

一天的時間長短 (地球日)		約 24 小時	約 8 個月地球日		
各地 太陽 位置	赤道地區				
	南回歸線地區				
	北回歸線地區				
	南極地區			夏季永夜 冬季永晝	全年太陽在 地平線
	北極地區			夏季永晝 冬季永夜	全年太陽 在地平線
	各季 太陽 直射 區域	春季	直射赤道	直射赤道(屬於黑夜時間)	
	夏季	直射北回歸線	直射北回歸線(屬於白天時間)		
	秋季	直射赤道	直射赤道(屬於黑夜時間)		
	冬季	直射南回歸線	直射南回歸線(屬於白天時間)		

### 發現：

1.由行星的自轉公轉得知：

- (1).行星的自轉方向影響太陽日升日落的方向，所以太陽打從西邊出來是有可能的。
- (2).行星公轉與自轉的速度及方向，決定了行星上會有的多少次的日升日落，地球自轉速度較快，所以地球一年中有 365 天地球日，但是金星自轉速度太慢，與公轉速度幾乎相同，且自轉公轉方向相反，造成金星一年中只有 2 個太陽日。
- (3).行星自轉的速度，也決定了在此行星上一天時間的長度。地球自轉速度較快，一天有 24 小時，但是金星自轉速度很慢，在金星上的一天，相當於 8 個月的地球日。

2.由行星的自轉軸傾斜角度得知：



- (1).行星的自轉軸傾斜角度，會影響太陽照射該行星上的範圍，因為公轉位置的變換，太陽照射移動的軌跡就在自轉軸傾斜角度的範圍內。例如地球的自轉軸傾斜角度為 23.5 度，所以一年中太陽移動的軌跡就在南北緯 23.5 度之間；而金星的自轉軸傾斜角度為 -2.6 度，所以一年中太陽移動的軌跡就在南北緯 2.6 度之間。
  - (2).藉由天空模型的繪製，更明確表達出因行星自轉軸傾斜角度所造成的太陽位置的變化。
- 3.藉由地球與金星的比較，可以將此研究方法類推到其他太陽系的行星上，增加對其他行星的了解。

## 伍、研究結果

- 一、Stellarium 軟體可以讓我們查出天上各星體的位置(方位及仰角)，對於不容易長期觀察的天體提供了一個更方便獲得資訊的方法。
- 二、地球自轉軸傾斜 23.5 度，所以在公轉時，會造成不同季節太陽直射地球的位置不同。春季秋季太陽直射赤道，夏季太陽直射北回歸線，冬季太陽直射南回歸線。
- 三、地球上的太陽位置的移動具有規律性，在南北回歸線之間移動。但是觀察者所觀察到的天空中太陽位置變化情形卻會受到觀察者所在的位置而有所不同。
- 四、透過軟體資料的搜集，可以發現金星上太陽位置的移動範圍很小，只有在南北回歸線(從赤道到南北回歸線各約 2.6 度)之間，這乃是因為金星的地軸只有傾斜-2.6 度。
- 五、從金星的基本物理資料與軟體模擬中可以發現金星的自轉速度較慢約 243 天地球日，公轉約 224 天地球日，若省去自轉與公轉之間的差距不計，我們認為金星的自轉時間約與公轉的時間差不多。
- 六、金星上的一年中有兩次日升日落，也就是金星的一年中有 2 個太陽日，且每一個太陽日時間都很長(約 4 個月地球日)，這是因為自轉速度很慢且自轉與公轉方向相反所致。
- 七、行星的自轉軸傾斜角度，會影響太陽照射該行星上的範圍，因為公轉位置的變換，太陽照射移動的軌跡就在自轉軸傾斜角度的範圍內。

## 陸、討論：

### 一、研究中需保持不變的變因：

#### (一)各地的經度相同

我們從台灣各地出發探討太陽位置的變化情形，最後我們以我們自己居住的中壢經度 (E121°13' 12") 為準，探討在相同的經度下，不同緯度的太陽位置變化情形。

#### (二)地球與金星探討的位置相同

兩個星球探討的地區都是在赤道地區、南北回歸線地區、南北極地區。

#### (三)公轉自轉模型中模擬位置相同

我們從地球的四季公轉位置角度來探究金星公轉位置的變化，較能釐清金星上日升日落的情形。

## 柒、結論：

從這次的主題探討中，我們探究的過程可以說是十分冗長，因為要分析整理資料，但也是透過資料的分析整理，讓我們對天體的運行有更深的認識，也加深了我們的時間空間概念。整體來說我們得到如下的結論：

- 一、Stellarium 模擬軟體確實能幫助我們分析並探討無法實際觀測到的星體，所以在自我學習上有很大的助益，也透過從電腦的操作中讓我們享受探究星空的樂趣。
- 二、我們終於確信老師的說法，台灣南北之間橫跨緯度範圍很小，所以太陽位置變化情形幾乎相同。
- 三、地球和金星太陽的升落位置相反，所以太陽打從西邊出來是有可能的，只是不在地球上發生。
- 四、各行星上太陽位置的變化情形決定於行星的自轉軸傾斜角度及自轉、公轉方向。
- 五、地球自轉軸傾斜角度 23.5 度，所以太陽移動的範圍在南北回歸線 23.5 度之間；而金星自轉軸傾斜角度-2.6 度，所以太陽移動範圍則是在南北回歸線 2.6 度之間。
- 六、行星的自轉軸傾斜角度越大，太陽移動的範圍就越大，各地四季變化較明顯。反之則較不明顯。
- 七、地球或是金星上空太陽位置的變化情形，受到不同緯度的觀察者所在位置的影響而產生不同。南北極地區的觀察者，所看到的太陽位置都較低，而赤道地區所看到的太陽位置都較高。
- 八、行星的自轉速度及方向也影響到日升日落的情形，地球自轉速度較快，一年中約有 365 次自轉也就是一年有 365 天。但是金星自轉速度太慢了，導致金星的一年中只有 2 次的日升日落，也就是金星一年中只有 2 個太陽日，會讓人感覺在金星上的一天時間非常漫長。
- 九、地球公轉與自轉時間能相互配合，所以人類能發展出屬於地球上的曆法，但是金星的自轉速度太慢了，我們嘗試著計算出金星上的曆法，但能力有限無法完成。所以我們對古代人利用天文制定出曆法及時間的能力，更是由衷的佩服。
- 十、本研究方法具有類推性，可以用來繼續探究太陽系其他行星上天空中太陽位置的變化情形。

## 捌、參考資料

### (一)相關書籍及網站

- 1.太陽的觀測 國小五年級上學期自然第一單元 康軒出版社
- 2.太陽的觀測 國小五年級上學期自然第一單元 南一出版社
- 3.羅伯特.伯納姆 編著 天文大圖鑑 明天國際圖書有限公司
- 4.Harris 編著 圖解宇宙科學百科 明天國際圖書有限公司
- 5.星星的運動與四季星座。阮國全。台北市立天文科學教育館員工消費合作社。2011。
- 6.太陽觀測在地球各地模擬研習講義 98-100 年 國立新竹教育大學 施惠教授
- 7.中央氣象局 <http://www.cwb.gov.tw/> 。

### (二)相關諮詢教授

- 1.施惠教授 新竹教育大學 自然科教授
- 2.吳福河老師 台北市立天文科學教育館 推廣組組長

玖、附錄

附錄一、地球上各地(南北極、赤道、南北回歸線)四季代表日的太陽位置變化如下表：  
表(一)

赤道地區		日出	8 : 00	10 : 00	中天	14 : 00	16 : 00	日落
春分	方位角	90	89	89	180	270	270	270
	高度角	0	29	59	89	60	30	0
夏至	方位角	66	89	89	0	270	296	293
	高度角	0	27	53	67	52	26	0
秋分	方位角	89	89	89	180	270	270	269
	高度角	0	33	63	89	56	26	0
冬至	方位角	113	116	132	180	230	243	246
	高度角	0	28	52	65	51	25	0
春分								
夏至								
秋分								
冬至								

表(二)

南回歸線		日出	8 : 00	10 : 00	中天	14 : 00	16 : 00	日落
春分	方位角	90	77	57	0	304	282	270
	高度角	0	26	52	67	53	27	0
夏至	方位角	64	55	33	0	324	303	295
	高度角	0	16	36	44	35	15	0
秋分	方位角	90	70	52	0	300	281	269
	高度角	0	30	55	67	50	24	0
冬至	方位角	115	103	97	180	261	256	244
	高度角	0	36	63	89	60	33	0
春分								
夏至								
秋分								
冬至								

表(三)

北回歸線		日出	8 : 00	10 : 00	中天	14 : 00	16 : 00	日落
春分	方位角	90	107	134	180	242	260	270
	高度角	0	34	58	65	46	20	0
夏至	方位角	64	79	86	180	277	285	295
	高度角	0	43	70	89	54	27	0
秋分	方位角	90	109	139	180	245	262	269
	高度角	0	37	60	65	43	16	0
冬至	方位角	115	130	156	180	222	240	243
	高度角	0	22	39	41	29	7	0
春分								
夏至								
秋分								
冬至								

表(四)

南極		6 : 00	7 : 00	8 : 00	10 : 00	12 : 00	14 : 00	16 : 00	18 : 00	20 : 00	22 : 00	24 : 00	2 : 00	4 : 00	6
春分	方	90	75	60	30	0	330	300	270	240	210	180	150	120	90
	高	+0.0	0.7	0.13	0.23	0.25	0.19	0.6	-0.1	-0.27	-0.40	-0.46	-0.44	-0.35	-0.22
夏至	方														
	高														
秋分	方	86	71	56	26	356	326	296	266	236	206	176	146	116	86
	高	-0.9	0.0	0.7	0.19	0.24	0.21	0.12	-0.05	-0.13	-0.22	-0.23	-0.16	-0.3	-0.14
冬至	方	88	73	58	28	358	328	298	268	238	208	178	148	118	88
	高	23.26	23.34	23.41	23.52	23.56	23.51	23.40	23.25	23.10	22.59	22.56	23.0	23.11	23.26
春分															
夏至															
秋分															
冬至															

表(五)

北極		6	7 : 00	8 : 00	10 : 00	12 : 00	14 : 00	16 : 00	18 : 00	20 : 00	22 : 00	24 : 00	2 : 00	4 : 00	6
春分	方	90	105	120	150	180	210	240	270	300	330	0	30	60	90
	高	-0.1	-0.7	0.15	0.28	0.34	0.32	0.23	0.10	-0.2	-0.11	-0.13	-0.7	0.5	0.22
夏至	方	91	106	121	151	181	212	242	272	302	332	1	31	61	91
	高	23.27	23.34	23.41	23.52	23.56	23.51	23.40	23.24	23.10	22.59	22.55	23.0	23.11	23.26
秋	方	94	109	124	154	184	214	244	274	304	334	4	34	64	94

分	高	0.12	0.19	0.25	0.33	0.34	0.27	0.13	-0.3	-0.19	-0.31	-0.36	-0.33	-0.23	-0.10
冬至	方														
	高														
春分															
夏至															
秋分															
冬至															






















附錄二、2011 年中金星上太陽日升日落情形【表(六)~表(十)】

表(六) 【月日是以地球時間計算】






















<b>赤道地區</b>		2/15	2/25	3/7	3/17	3/27	4/6	4/14
地球時間		4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00
第一天	方位角	268	269	270	68	87	87	87
	高度角	0	30	61	87	56	26	1
日期		6/12	6/22	7/2	7/12	7/22	8/1	8/9
時間		10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00
第二天	方位角	270	270	268	113	93	92	92
	高度角	0	30	61	86	56	25	0
日期		10/6	10/16	10/26	11/5	11/15	11/25	12/3
時間		16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00
第三天	方位角	269	270	271	56	86	87	87
	高度角	0	30	61	87	57	26	1
第一天								
第二天								
第三天								

表(七)

<b>南回地區</b>		2/15	2/25	3/7	3/17	3/27	4/6	4/14
地球時間		4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00
第一天	方位角	269	271	277	70	84	86	87
	高度角	7	38	69	79	48	18	-6.9
日期		6/12	6/22	7/2	7/12	7/22	8/1	8/9
地球時間		10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00
第二天	方位角	271	272	275	82	89	91	92
	高度角	7	38	69	79	48	17	-7
日期		10/6	10/16	10/26	11/5	11/15	11/25	12/3
地球時間		16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00

第三天	方位角	269	272	279	67	83	86	87
	高度角	7	38	69	79	49	18	-5
第一天								
第二天								
第三天								

表(八)

北回地區		2/15	2/25	3/7	3/17	3/27	4/6	4/14
地球時間		4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00
第一天	方位角	268	267	265	124	91	88	87
	高度角	0	30	61	87	56	26	1
日期		6/12	6/22	7/2	7/12	7/22	8/1	8/9
地球時間		10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00
第二天	方位角	270	268	264	144	97	93	92
	高度角	0	30	61	85	55	25	0
日期		10/6	10/16	10/26	11/5	11/15	11/25	12/3
地球時間		16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00
第三天	方位角	269	268	267	115	90	88	87
	高度角	0	30	61	87	57	26	2
第一天								
第二天								
第三天								

表(九)

南極地區		2/15	2/25	3/7	3/17	3/27	4/6	4/16	4/26	5/6	5/16	5/26
地球時間		4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00
第一天	方位角	264	295	326	356	27	58	88	119	149	180	211
	高度角	1.7	0.41	0.9	-0.27	-1.9	-1.50	-2.27	-2.52	-3.1	-2.52	-2.23
日期		6/12	6/22	7/2	7/12	7/22	8/1	8/11	8/21	8/31	9/10	9/20
地球時間		10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00
第二天	方位角	264	295	326	357	28	59	90	121	152	183	214
	高度角	-0.5	0	0.57	1.43	2.16	2.32	2.33	2.22	2.2	1.39	1.13
日期		10/6	10/16	10/26	11/5	11/15	11/25	12/5	12/15	12/25		
地球時間		16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00



第二天	方位角	264	295	325	356	27	57	88	119	149		
	高度角	0.31	0.3	-0.27	-1.1	-1.36	-2.9	-2.36	-2.51	-2.50		
第一天												
第二天												
第三天												

表(十)

北極地區	2/15	2/25	3/7	3/17	3/27	4/6	4/16	4/26	5/6	5/16	5/26	
地球時間	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	4:00	
第一天	方位角	263	233	202	171	140	110	79	48	17	346	316
	高度角	-1.7	-0.11	0.42	1.26	1.58	2.16	2.21	2.1	2.6	1.5	1.34
日期	6/12	6/22	7/2	7/12	7/22	8/1	8/11	8/21	8/31	9/10	9/20	
地球時間	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	
第二天	方位角	263	233	202	171	140	109	78	47	15	344	314
	高度角	0.57	0.29	-0.4	-0.44	-1.27	-2.7	-2.4	-2.58	-2.58	-2.38	-1.59
日期	10/6	10/16	10/26	11/5	11/15	11/25	12/5	12/15	12/25			
地球時間	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00	16:00			
第三天	方位角	263	233	202	171	141	110	79	49	18		
	高度角	-0.31	0.27	1.20	2.0	2.26	2.35	2.31	2.16	1.55		
第一天												
第二天												
第三天												

## 【評語】 080502

優點：

1. 團隊合作默契佳，表達能力亦不錯，能清楚報告並回答問題。
2. 能用天文軟體模擬遠方星球的運轉，是個不錯的點子。

缺點：

1. 地球上太陽運行的觀察，宜多增加小朋友親自的觀察活動，並長期記錄，再與天文軟體的資料進行比對。
2. 模型的製作要更明確完整，充分呈現出模擬的事物現象。