

以管窺天

許佩玲* 張怡萍** 周伊珊***

*桃園縣立南崁高級中學

**臺北市私立延平高級中學

***臺北縣立錦和高級中學

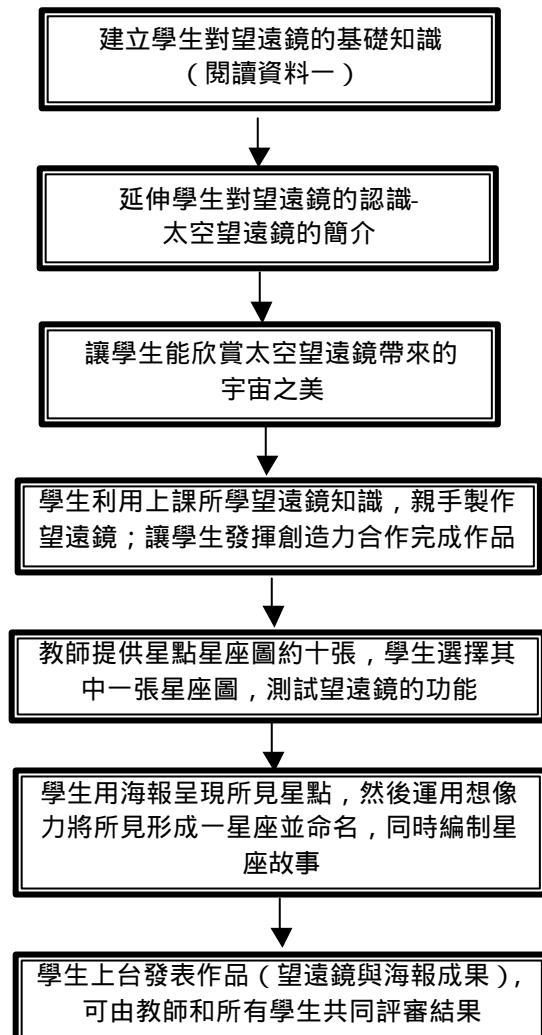
前言

你曾經仰望過星空嗎？還記得天上有永遠陪伴你的星星嗎？你知道星星不只有一種顏色嗎？你知道該如何把星星看得更清楚嗎？你知道天上也有望遠鏡嗎？你想更了解奧秘的天文嗎？歡迎你一起與我們共探其密！

本模組核心課程在於望遠鏡的介紹和製作，讓學生能將課程所學之知識與原理，應用在活動-「製作望遠鏡」上。並介紹哈伯太空望遠鏡之基本資料，同時讓學生欣賞許多哈伯太空望遠鏡所拍攝的精采天文圖片！

此課程目的在於能引起學生對天文的喜好、瞭解天文望遠鏡的知識、從製作望遠鏡過程中來培養學生創造思考、動手操作的科學能力，並讓學生學習合作分工、訓練學生的表達能力和評鑑能力。此教材僅提供教師一個參考課程，教師可依學生特質、教學環境等，發展適合教師與受教學生的課程。


教材使用流程



閱讀資料一

每當夕陽西下，夜幕低垂的時候，經常可以看到天空那皎潔的月亮。在都市中偶爾也可窺見幾顆偷偷露臉的星體。只是，肉眼所見的天空，往往沒有很大的變化，似乎就只能夠是那個樣子。但是只要使用了天文望遠鏡之後，你就會發現，過去所見的星體，在那一剎那間都散發出過人的魅力，有著不同的身影，在等待你去一一發覺。

以管窺天—望遠鏡的奧秘

 伽利略的天空 天文望遠鏡的發展

幾千年來，人類憑著上天賦予的雙眼，觀看這恆古不變的星空，創造了許多不朽的神話及故事。肉眼雖然迷你，不過品質顯然不錯，最暗大約可以看到六等星，人類也得以發現了許多宇宙運行的規則。

可惜肉眼終究太小，所能觀察到的現象及精確度有限，這也是古代天文學沒有辦法大幅度進步的主要原因之一。1608年，一位荷蘭的眼鏡師傅發現利用二片透鏡並調整透鏡位置就可以看清處遠方的景物，彷彿是把遠方的景物拉到眼前來看一般，因而發現了望遠鏡的製作原理。

後來，義大利的科學家伽利略聽到了這個消息，並於1609年製作了一部口徑42mm的望遠鏡。這部望遠鏡讓他“大開眼界”，因為他驚訝地發現，月球表面有高山和無數的坑洞；金星也如月球般，有著盈虧的變化；而木星旁邊竟然還有四顆小星星繞著木星公轉！這些發現徹底的顛覆了傳統的天文學觀念。伽利略是有史以來使用望遠鏡觀察天空

的第一人，這部望遠鏡同時也開創了天文學的另一個新紀元。之後的1611年，德國科學家刻卜勒也設計了一部望遠鏡，並改良了目鏡，擴大了望遠鏡的視野，成為今日望遠鏡的主流。

伽利略製作的望遠鏡是折射式望遠鏡。在1668年，牛頓利用光線反射的方式發明了反射式望遠鏡。這是天文望遠鏡的一大突破，因為反射式望遠鏡在製作上比折射式望遠鏡容易很多，並且沒有折射式望遠鏡的色差現象，能夠讓觀測品質大幅提昇。而1672年，法國人蓋賽格林改變了牛頓式反射鏡的焦點位置，發明了蓋賽格林式反射望遠鏡，讓反射式望遠鏡更容易操作。這幾個偉大的科學家，分別留下了以自己名字命名的光學望遠鏡，讓十七世紀在望遠鏡史上發出耀眼的光芒。從此以後，世界各地的天文台愈來愈多，望遠鏡也愈來愈大，天文學的進展也愈來愈快了。

1938年德國人史密特把折射式望遠鏡及反射式望遠鏡合而為一，發明了折反射式望遠鏡，也就是史密特式望遠鏡（史密特照相機），開創了望遠鏡的另一個新紀元，也讓俄國人馬克斯托夫發明了另一種折反射式望遠鏡 - 馬克斯托夫望遠鏡。無線電波望遠鏡更把天文望遠鏡所能看到的延伸到所有的電磁波長，讓我們觀看宇宙的視野不會只侷限於可見光，進而造成了天文望遠鏡的另一次革命，也讓天文學能在最近極短的數十年中，能夠得到了超越數千年來的成就。





天文望遠鏡的種類

一套完整的天文望遠鏡組合是由鏡筒部、架台部和腳架部等三部份所組成的。鏡筒是負責收集天體的光，讓我們可以觀測天體的部份：有折射鏡、反射鏡和折反射鏡三種；而架台是用來承載鏡筒部，可以靈活轉動，讓鏡筒可以自在地觀察各個方向的天體：有經緯儀和赤道儀二種；腳架部是承載整組設備，讓整組望遠鏡有一個穩定的支撐處：有容易移動的三腳架、穩定性較佳的直柱腳架和固定式的基座腳架等三種。

鏡筒--望遠鏡鏡筒從業餘的五公分級到天文台的數公尺級，種類繁多、不勝枚舉。而按照其原理不同可以分成：折射式望遠鏡（簡稱折射鏡）反射式望遠鏡（簡稱反射鏡）及將這二種合而為一的折反射式望遠鏡（簡稱折反射鏡）等三大種。

折射式的望遠鏡，光線是直接穿透透鏡



玻璃後，產生曲折而聚焦成像。反射式的望遠鏡，光線是被一面凹面的反射鏡反射後，產生曲折而聚焦成像。折反射式的望遠鏡則

是光線先穿透鏡筒前的透鏡，產生曲折後，再被鏡筒後的凹面反射鏡反射，而曲折聚焦成像。

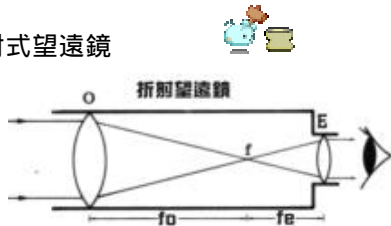
架台--架台分為經緯儀及赤道儀兩種。經緯儀式的架台，有水平及垂直兩個可轉動軸。望遠鏡架在經緯儀上，可以在水平及垂直方向自由轉動，所以可以看到各個位置的天體。赤道儀式的架台還可分成：德式赤道儀、叉臂式赤道儀、英式（框架式）赤道儀及馬蹄式赤道儀等。赤道儀共同的特徵是：有一個傾斜角度同觀測地緯度的極軸，在極軸上有赤經及赤緯兩個可轉動的轉軸，望遠鏡架在赤道儀上，利用赤經赤緯的轉動，可以看到各個位置的天體。

腳架--腳架的用途是承載整組望遠鏡及赤道儀。在中小型望遠鏡中，通常是搬到戶外去使用的，所以大都使用容易移動的三腳架。而在中大型望遠鏡中，因為重量限制、無法方便移動及對穩定性的要求，大都採用金屬直柱腳架。至於大型天文台級的望遠鏡中，全都採用基座式的支撐腳架，以求得最佳的穩定性。

一組天文望遠鏡的性能最主要取決於望遠鏡口徑、赤道儀精度及腳架的穩定性三者身上。望遠鏡的口徑愈大，就能收集更多的光線、看到更細微的結構。赤道儀的精度愈高，觀測會愈穩定、也就愈能提高望遠鏡的性能。腳架的穩定性好，是整組天文望遠鏡能發揮出最大性能的關鍵。



折射式望遠鏡



O=物鏡 E=目鏡 f =焦點
fo=物鏡焦距 fe=目鏡焦距
D=物鏡口徑

伽利略和刻卜勒他們兩個人所設計的望遠鏡就是折射式望遠鏡。這種方式的望遠鏡，光線是藉由穿透鏡筒前端的一組凸透鏡（稱為主鏡），產生曲折而聚焦。在聚焦處放置一個目鏡來放大並得到影像。而目鏡可以分成伽利略式和刻卜勒式。伽利略式的目鏡是一個（組）凹透鏡，它形成一個正立的影像，但是這種望遠鏡的視野狹小、觀察不易，現在只剩下一小部分觀賞歌劇用的低倍率雙眼望遠鏡還用這種方式的目鏡。而刻卜勒式的目鏡是一個（組）凸透鏡，它形成一個上下左右顛倒的影像，在觀看地面風景時，雖然不如正立影像來得方便，可是它有視野寬廣的優點，所以現在市面上一般看得到的天文望遠鏡都是使用刻卜勒式的目鏡。

在早期的折射鏡中，主鏡都只是單一片透鏡，常發生著嚴重的色差現象，大大地影響觀測的品質。到了 18 世紀時，利用二片折射率不同的凸透鏡和凹透鏡組成一組主鏡，發明了所謂的單消色差透鏡（Achromat），對折射鏡的色差現象有了大幅度的改善，讓剩餘色差大約只有焦距的 1/2000 以下。到了本世紀，隨著玻璃材料科技的進步，利用一些特殊的超低色散玻璃材料（如螢石、ED 玻璃等）開發了複消色差透

鏡（Apochromat），把折射鏡的色差現象再進一步地減少，大約只剩焦距的 1/10000 以下，甚而更低。

折射鏡有成像鮮銳的優點，而且保養比較容易，很適合成為初學者的第一部天文望遠鏡。現今業餘用的中小口徑折射鏡種類繁多，且大都採用複消色差的設計，品質都有相當高的水準。可惜的是價格高昂，不容易普及到一般大眾。其實如果只是單純觀測，一部好的單消色差折射鏡已足夠，不見得非得用昂貴的複消色差折射鏡不可。



六吋 f/8 APO 折射望遠鏡，以螢石三重透鏡為主鏡。



四吋 f/10 Achromatic 折射望遠鏡。

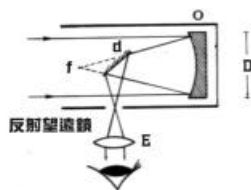
反射式望遠鏡

最早的一部反射式望遠鏡就是牛頓發明的牛頓式反射鏡望遠鏡。牛頓式反射望遠鏡是使用一面凹的拋物面鏡，將光線反射回鏡筒前方並曲折聚焦，然後在鏡筒前方用另一面橢圓形平面鏡（副鏡，又稱斜鏡），將光線以 90°角反射出鏡筒外，在這個光路射出的位置上放置對焦座及目鏡座以方便觀看。這種焦點位置在鏡筒前方開口側邊的反射鏡就稱為牛頓式反射望遠鏡。牛頓式反射望遠鏡製造容易、重量輕、成本低，因而成為業餘

天文望遠鏡的主流商品。

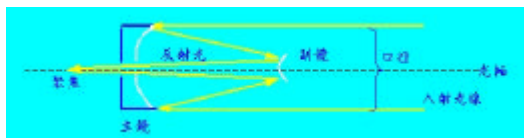


五吋 f/5.5 牛頓式
反射望遠鏡



O=物鏡 E=目鏡 f =焦點
fo=物鏡焦距 fe=目鏡焦距
D=物鏡口徑 d =斜鏡

另一種反射式望遠鏡是法國人蓋賽格林於1672年發明的蓋賽格林式反射望遠鏡。它的基本原理同牛頓式反射望遠鏡，都是用一面凹的拋物面主鏡將光線反射回鏡筒前，不同於牛頓式反射望遠鏡的是，蓋賽格林式



反射望遠鏡在鏡筒前用一面凸的雙曲面副鏡將光線反射回主鏡中央的開孔並聚焦成像，這種焦點位置在主鏡後方的就稱為蓋賽格林式反射望遠鏡。蓋賽格林式反射望遠鏡的光路是在鏡筒內來回反射二次，並經過副鏡的再放大，所以鏡筒可以做的很短，焦距卻可以很長，對高倍率的觀察有很大的好處。反射式望遠鏡除了這二種焦點位置外，尚有庫德式焦點等，不過並不常見，大都是大型天文台才採用。

由於反射式望遠鏡是將光反射而不是穿透，所以對玻璃材料的要求是熱膨脹率要低，不像折射鏡要求的純淨透明，而且反射式望遠鏡沒有折射式望遠鏡特有的色差問題，再加上反射鏡只需研磨一面，相對於折

射鏡，製造上就容易得多，現今全世界的大型天文台全是使用反射望遠鏡，就是這個緣故。

*折反射式天文望遠鏡



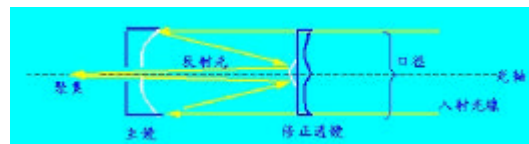
光線先透一片透鏡產生曲折，再經一面



反射鏡將光反射聚焦，這種結合折射與反射的光學系統就稱為折反射式望遠鏡。

首先發明這種型式望遠鏡的是德國人史密特。他首先於1938年製作了第一部折反射式望遠鏡。

史密特研磨了一片中央凸、周邊凹、形狀複雜的波浪狀修正透鏡，將這片修正透鏡置於鏡筒最前端，讓光線進入後不是收縮聚焦，而是向外產生曲折，然後經後方的球面主鏡反射聚焦。如果在焦點處放上底片，就是天文攝影專用的史密特照相機。若用第二面反射鏡（副鏡）將光線再反射到主鏡後方的開孔，就稱為史密特 - 蓋賽格林式望遠鏡。1970年美國的 Celestron 公司首先量產了史密特 - 蓋賽格林式望遠鏡，在大量生產下，價格非常便宜，而為眼視觀測者最愛用的望遠鏡。



史密特 - 卡塞格林 (Schmidt-Cassegrain)
折反射式望遠鏡

1943 年，俄羅斯的馬克斯托夫也發明了另一種折反射式望遠鏡。他用一片兩面同曲率並同向主鏡方向內凹的透鏡做為修正鏡，光線穿過修正透鏡後產生曲折，然後經反射鏡反射聚焦，再經第二反射鏡（副鏡）反射回主鏡中央開孔處聚焦成像，所以稱為馬克斯托夫 - 蓋賽格林式望遠鏡。大部份的馬克斯托夫 - 蓋賽格林系統的副鏡，都是直接在修正透鏡後方中央部份鍍上鋁成為曲率同修正鏡的副鏡。如果改變上述副鏡曲率，就稱為 RUMAK 型，把副鏡獨立出來製作並向主鏡靠近的就是 SIMAK 型，像差程度也照這順序減少，性能也就愈來愈好。世界上生產馬克斯托夫 - 蓋賽格林式望遠鏡的廠商以美國的 Questar 及德國的 Zeiss 最出名，但價格高昂，一般愛好天文觀測的人不容易買得起。

閱讀資料二

探索宇宙的盡頭 哈伯太空望遠鏡

啟蒙人類探索宇宙奧秘的望遠鏡，在天文史上有三架：①1609 年伽利略觀測天體的小遠望鏡；②1929 年發現宇宙膨脹的威爾遜山天文台 100 吋反射望遠鏡；③1990 年升空的哈伯太空望遠鏡（HST 為了紀念 Edwin Hubble 對天文的貢獻，所以命名為哈伯望遠鏡）。

20 世紀天文望遠鏡發展史

哈伯太空望遠鏡是本世紀天文工藝技術的結晶，就讓我們回顧一下天文望遠鏡的過去好展望未來。

天文望遠鏡的發展依光學系統分為兩大主流，一是 1610 年由義大利科學家伽利略首

先使用於天文觀測的折射式望遠鏡；另一是 1668 年英國科學家牛頓所發明的反射式望遠鏡。

在十八、十九世紀時，正是天文學的萌芽階段，天文學家充分利用了折射式望遠鏡的優點 成像清晰，從事天體測量與製作星表的工作。

天文觀測的發展一日千里，天文學家開始觀測到不同於可見光波段的其它星體。由於玻璃本身特性會吸收某種波段的光線，非常不利於不可見光的觀測；另一個理由，愈大口徑的望遠鏡才能觀測到更遠的星星。反射式望遠鏡可以克服以上兩點，於是反射式望遠鏡的發展也就愈來愈受到重視。

是誰先想到把望遠鏡送上太空？

1923 德國火箭科學家奧伯特（Herman Oberth），他設想將望遠鏡附加在地球同步軌道衛星上，可以避免大氣層空氣、雲、霧的干擾。無獨有偶地在大西洋彼岸的美國火箭技術學家羅伯特 哥德（Robert H. Goddard）也有相似的構想。

都是大氣惹的禍？

首先，大氣會吸收不少來自宇宙的電磁波段，除了可見光及一部分的無線電波之外，其它像是大部分的紅外線、紫外線、X 射線及 射線幾乎都到不了地面，不是被大氣反射就是被吸收了。這些波段的電磁波有不少對地球生命來說是致命的，大氣就像是生命的天然防護罩一般；不過對天文學來說，我們從遙遠星體中能獲得的訊息實在是少得可憐，幾乎全由星體發出的電磁波來解讀，因此這僅有的訊息若是短少任何一部分

都將是極大的損失。以哈伯來說，它的紅外線及紫外線影像觀測就是地面難以辦到的事。

還有更重要的理由。我們知道望遠鏡的口徑愈大，影像的解析度就會愈好，也就是說能分辨得出愈細小的物體；但是地面望遠鏡有個致命的限制，就是大氣擾動會使影像晃動，當望遠鏡的解析度大到某一個程度之後，大氣擾動會使影像無法再更細緻下去，再大的口徑只能增加望遠鏡的集光力，解析度卻無法再提升。雖然現今的地面光學望遠鏡利用調適光學技術已可有效突破此一限制，不過在太空中的望遠鏡根本不需面對此限制，所以哈伯以其 2.4 公尺的口徑，解析度可達地面最大傳統光學望遠鏡的十倍之多，而日後若在太空有更大口徑的望遠鏡，其解析度還可以更佳。

當然，對於可見光觀測來說，白天一片亮的天空是無法觀測的，陰雨天也不行，在太空則是隨時可觀測，這也是大氣造成的。此外，人類活動造成的干擾也隨著文明進展愈來愈嚴重，「光害」是比較為人所知的可見光波段干擾，其實無線電波波段的干擾也很嚴重。

以下列出電磁波各波段在地面觀測的限制：
 ①極長波：大氣中收不到，只能到太空觀測
 ②無線電波：地面可觀測，不易受大氣干擾，但有可能會受人類活動干擾
 ③紅外線：要在乾燥無水氣也無雲的大氣中才能有效觀測，那至少要在高山頂上
 ④可見光：只有天黑晴朗時可觀測，但是有可能會受光害干擾，還有解析度的限制
 ⑤紫外線、X 射線

及 射線：要在極高的高空才能觀測，那是火箭才到得了的高度。



瞧！太空望遠鏡的優越性是不是很

明顯了呢！

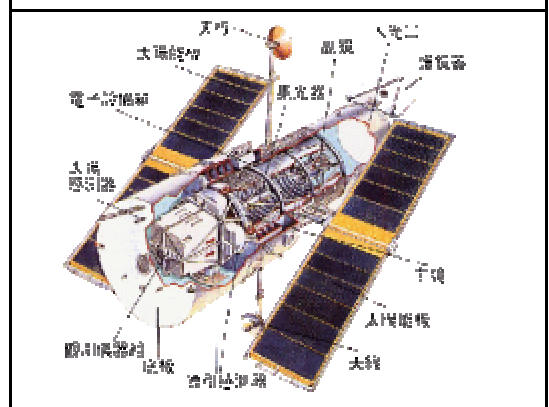


哈伯望遠鏡小檔案

型式：Richey-Chretien 反射式光學望遠鏡（類似於標準蓋賽格林 Cassegrain 式）	
口徑：2.4 公尺（面積約 5.5 坪）	
尺寸：全長 13.2 公尺 / 寬度 4.2 公尺（立起來大約 4 層樓高）	
總重：11,110 公斤（11.11 公噸） / 其中主鏡重 828 公斤	
造價：22 億美金	
可觀測波段：近紅外線、可見光、遠紫外線	
廣角行星像機（WFPC2）：	觀測波長 1,200 埃（紫外線） 11,000 埃（紅外線），最佳解析力 0.053 角秒
先進測繪相機（ACS）	觀測波長 1,200 埃（紫外線） 10,000 埃（紅外線），最佳解析力 0.0265 角秒
近紅外線相機暨多目標分光測熱計（NICMOS）：	觀測波長 8,000 埃 25,000 埃，最佳解析力 0.14 角秒
太空望遠鏡照相攝譜儀（STIS）：	觀測波長 1,150 埃 11,000 埃

軌道：高度 612 公里 / 與赤道面傾斜 28.5 度
 航速：時速 28,000 公里 / 每 97 分鐘繞地球一圈（10 秒鐘超過美國）

穩定度：晃動量不大於千分之七角秒
 供電系統：2,400 瓦 / 耗電量相當於 24 個家用燈泡的總和
 儲電設備：6 個鎳氫電池 / 總儲電量相當於 20 個車用電池之和



 首觀日 「噫？模糊的？」

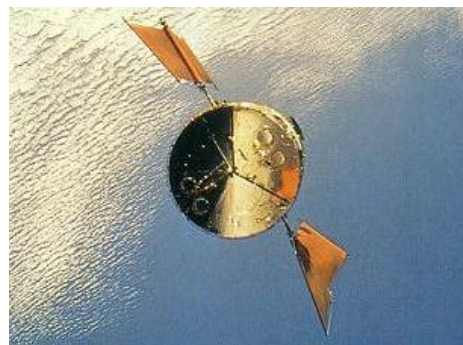
1990 年 4 月 25 日是一個值得紀念的日子，就是在這天美國發現者號太空梭，將哈伯太空望遠鏡成功地安置在太空軌道上。至此人類天文學的發展，開啟了新的一頁。

1990 年 5 月 20 日是哈伯的首觀日，當它傳來第一幅影像時，把 NASA 的天文學家們全都嚇壞了：「噫？模糊的？」天文學界與輿論立時嘩然。

眼看著哈伯即將要變成一個超級昂貴的廢物，NASA 的天文學家們日以繼夜地對哈伯進行診斷，赫然發現哈伯得了「近視」。沒有人想聽到這麼洩氣的診斷報告書，因為這暗示著主要的問題在於製造過程。由於哈伯高解析力性能的要求，主鏡的凹面鏡面要磨得非常精準，原設計的要求是與理論鏡面的任一點誤差都不能大於 200 萬分之一公分，換個方式來說，若把主鏡放大到和地球一樣大時，它表面最突出的高度也不會超過 15 公分。可是主鏡就是沒達到此標準：差了小小的 2 微米厚度，約為一根頭髮的五千分之一厚，結果使得哈伯無法將星光準確聚焦到各個觀測儀器中，因而造成影像模糊，簡單地說：哈伯「先天視力欠佳」。這相當不可思議。哈伯的主鏡——望遠鏡的心臟，竟然會在地面上製造時出了差錯，更誇張的是它在升空之前沒人注意到。問題就出在當初在檢驗鏡面的修正器上，結果開了天文學界這麼一個昂貴的玩笑！

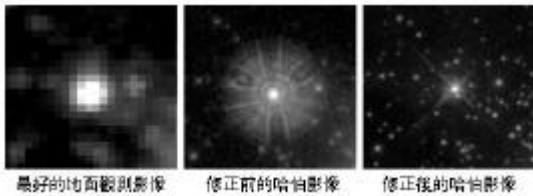
花了大把鈔票，NASA 當然不會就這樣放棄了哈伯，但是該怎麼補救這個致命的錯誤呢？換裝一個新主鏡上去嗎？光是建造成


本就要再砸下至少數億美金，而且耗時甚久，想要說服失望至極的白宮及國會再撥下預算根本就是不可能的任務。NASA 痛定思痛，旗下的科學家在其後數年努力研發，除了透過通訊修改哈伯主電腦程式之外，也製造了新的組件，包括矯正「視力」的「矯正透鏡組太空望遠鏡軸心替代系統」(COSTAR) 及第二代廣角行星相機 (WFPC2)，如此哈伯的「視力」將會很接近原始的設計目標。




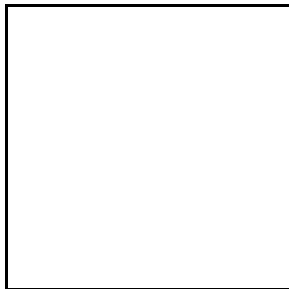
當初建造哈伯時的規畫原本是每隔數年就由太空梭收回地球檢修，但 NASA 決定全改由太空梭在太空直接維修。1993 年 12 月，奮進號 7 名機組員以 5 個工作天、5 次太空漫步親手完成所有儀器及太陽能板的換裝工作，過程可說是驚險萬狀：有小螺絲不慎飛出，還好在撞到鏡面之前被抓了回來；而受損的太陽能板卡死，既張不開也收不起來，太空人就在太陽能板無法斷電的狀況下把它給拆了，這一不小心可是會電死人的！

當大修過的哈伯回到它的軌道，重新傳回天體影像時，大家才鬆了一口氣：視力矯正手術成功！延宕了 3 年多，哈伯終能如當初設計時的期望，成為當代最重要的天文觀測工具之一。

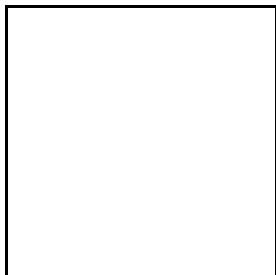


 哈伯的任務：精確地測定宇宙的距離、測定宇宙年齡、預測宇宙的命運、了解星系的演化、尋找其它行星系統（如：太陽系）探測黑洞、驗明類星體的正身、從太空看太陽系各行星、觀測新星的誕生。

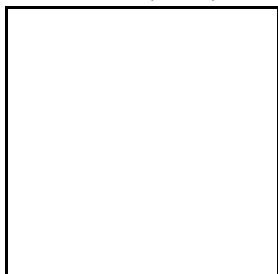
 哈伯拍攝的「宇宙寫真集」



哈伯望遠鏡發現了第一顆太陽系外行星 (9819)



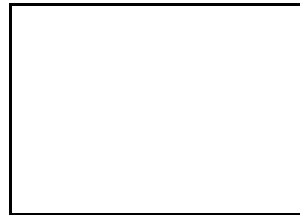
獅子座流星雨期間哈伯望遠鏡正在拍攝一個類星體 (9840)



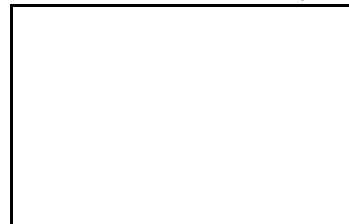
注視著一顆正在邁向死亡的星星所噴發出的氣體 (January 6, 1999 STScI -PR99-01)



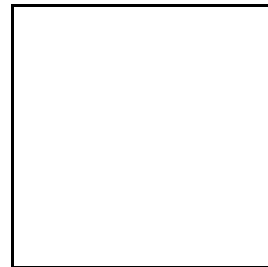
春天風暴喚醒冬眠的天王星 (March 29, 1999 STScI-PR99-11)



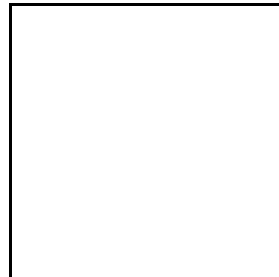
哈伯望遠鏡下的木星與其衛星 IO (April 20, 1999 STScI-PR99-13)



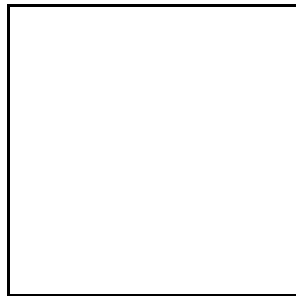
火星大接近的照片 (STScI-PRC99-27 June 30, 1999)



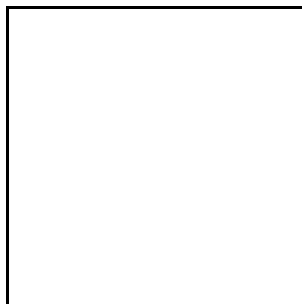
星系的小步舞曲 (STScI-PRC-PR99-31 September 02, 1999)



天空之眼 NGC 6751 (STScI-PRC00-12 April 6, 2000)



星系的剪影 NGC 3314



遠方星系為何奇形怪狀？
(2001/01/22)



分組研討活動

活動說明（表格請見文後）

1. 製作望遠鏡：

請參考課程資料，利用桌上之材料，做出一個可以將遠物看更清楚的望遠鏡，並寫出望遠鏡的小檔案。（材料清單：大小透鏡各一個、厚紙板、雙面膠、剪刀、膠水、麥克筆、圓規）

2. 看星星去：

請各小組選一個星座，將看到的星座畫下來，並數出此星座星星的個數。

3. 星星的故事：

將看到的星座連成一幅畫，畫至海報紙上，並為之譜下一段故事。

（將故事寫至活動記錄單上）

4. 各組上台報告：

不拘形式，請各組秀出自己的望遠鏡和海報，說出各組的星座故事。

參考資料：

1. 從哈伯看宇宙。卡洛琳 皮特森 約翰 布蘭特著。魏毓瑩 林詩怡 吳昌任譯
2. 探索宇宙的盡頭 哈伯太空望遠鏡。陳培著
3. <http://earth.fg.tp.edu.tw/> 北一女中地球科學學習網站
4. <http://163.29.20.208/~bill/astro/index.html>
黃祈雄的宇宙天文篇
5. <http://home.pchome.com.tw/super/mytelescope/>天文望遠鏡
6. <http://www.astro.idv.tw/>
..... 河瀚天文轉圖網

「以管窺天」參考教案

適用年級	國中學生			
課程時數	約 3 小時			
教學策略	合作學習 (4-5 人一組)			
學生應學到的能力	一、了解望遠鏡的基本知識 二、了解望遠鏡的貢獻並能欣賞宇宙之美 三、能運用知識製作一個簡易的望遠鏡 四、能從活動中學習如何合作分工 五、能培養激發學生的想像力與創造力 六、能培養學生評鑑的能力 七、能培訓學生的表達能力			
老師準備的教材	一、望遠鏡的奧秘 (閱讀資料一、板書) 二、哈伯太空望遠鏡 (閱讀資料二、powerpoint) 三、製作望遠鏡的材料(材料清單：大小透鏡各一個、黑色厚紙板、雙面膠、剪刀、膠水、麥克筆、圓規...) 四、供望遠鏡測試的星座圖 五、呈現學生上台報告的材料 (海報、彩色筆、剪刀、膠水..)			
課程流程	老師教學內容	學生活動	時間(分)	教具
一、建立學生對望遠鏡的基礎知識	1. 介紹望遠鏡光學的原理。 2. 介紹望遠鏡的種類。 3. 介紹望遠鏡的三大功能，提醒製作望遠鏡的活動中，應注意的地方 (閱讀資料一)。	1. 注意聽講。 2. 不懂之處，舉手提問。	15	板書
二、延伸學生對望遠鏡的認識-太空望遠鏡的簡介	1. 詢問學生的看法並解釋為何要建造太空望遠鏡(光學望遠鏡有何限制?)。 2. 簡介哈伯太空望遠鏡 (閱讀資料二)。	1. 注意聽講。 2. 不懂之處，舉手提問。	15	板書
三、讓學生能欣賞太空望遠鏡帶來的宇宙之美	1. 秀出哈伯太空望遠鏡所照的圖片。 2. 簡單介紹一些星雲星團(閱讀資料二)。	1. 注意聽講。 2. 不懂之處，舉手提問。	10	單槍投影機、電腦powerpoint
四、讓學生親手製作望遠鏡	1. 教師從旁協助指導。 2. 盡力提供學生所需材料。	1. 運用上課所學之原理，發揮創意，製作一枝功能佳、有特色之望遠鏡。 2. 將此望遠鏡命名。	40	製作望遠鏡的材料(每組：大小透鏡各一個、黑色厚紙板、雙面膠、剪刀、膠水、麥克筆、圓規...)
五、讓學生能測試望遠鏡的功能	1. 教師提供一個貼有星座圖的場所，讓學生能測試望遠鏡。 2. 教師要準備星座圖到測試望遠鏡之距離，不能太近，導致肉眼就分辨得出來。 3. 星座圖上只有星座的星點，教師可以提供約十個星座圖，讓學生選擇。	1. 選擇一個星座圖 2. 用製作的望遠鏡觀視只有星點的星座圖，畫出星點的相對位置。	15	只有星點的星座圖、學生製作出的望遠鏡

六、讓學生真實呈現所見星點、並運用想像力形成一星座	1. 教師從旁協助指導，用海報畫出望遠鏡所見的相對星點位置。 2. 鼓勵每組學生運用想像力，幫這些星點構圖，形成一個屬於本組的星座，並將之命名且譜出一段星座故事。	1. 將望遠鏡所見相對星點位置，用海報呈現。 2. 將這些星點構圖，形成一個星座。 3. 將此星座命名。 4. 譜出此星座之故事淵源。	40	海報、彩色筆、剪刀、膠水..
七、讓學生上台表達己見、發表作品	1. 教師提醒學生應呈現之項目：望遠鏡名稱、望遠鏡特色、星座名稱、星座故事。 2. 提示學生可以用各種方式來表達。	1. 呈現望遠鏡，說出其名字及特色。 2. 展現海報所畫之星座圖。 3. 說出此星座之名稱及故事。	40	作品發表的舞台
八、培養學生評鑑的能力	1. 教師提示學生評鑑項目有哪些、應注意事項 2. 教師在活動結束後，評鑑各組的優缺點，並表揚優良作品	學生之間互評分數（包括自評）。	5	評分表

致謝：

感謝台北市立第一高級女子中學周家祥教師同意本教材中閱讀資料二引用在北一女中地球科學教學網站暨河瀚轉圖網的資料，

並且可以刊登在科學教育月刊。也感謝國立台灣師範大學科學教育中心促成這個教材的產生與提供協助，同時感謝羅珮華助理研究員對本教材編寫與修改上的寶貴意見。



望遠鏡小檔案

- 口徑：_____cm
- 物鏡焦距：_____cm
- 目鏡焦距：_____cm
- 放大倍率：_____倍

看出『星』裡的故事

星座編號：_____

組別：_____

星座的名稱：_____

成員姓名：_____

你看到此星座的星星個數：_____

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

★ 美麗的星座神話故事，為星星蒙上一層神秘色彩！ ★

★ 一起來幫你們的星座譜上一段故事，為它注入生命的活力吧..... ★

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★