

2013/2014 學年教學設計獎勵計劃

天文探索－夢想飛行

參選編號：C002

學科：地理科

適合程度：高一至高三

簡介

我國近 60 年來航天科技突飛猛進，自 2003 年中國首位太空人楊利偉在神舟 5 號上的成功飛行更使太空科技發展達到了高潮，其後我國在航天史上不斷有驚人的成績，翟志剛乘坐神舟七號完成中國首次太空漫步，嫦娥一、二號的任務成功使登月計劃踏出一大步，神舟九號與天宮一號手動對接成功為我國在太空建立空間實驗室播下種子，劉洋更成為中國首位女太空人，當然還有更多新突破如紫金山天文臺空間高能電子和伽馬射線觀測取得突破等。以上種種顯出我國對天文科技發展的投入和重視，也不斷投下教育經費，培育新一代的天文愛好者和行動者，深入貫徹落實科學發展觀。

澳門教育發展也不能缺少天文科普教育，為我國天文科普出一份力量，雖然本澳有一些天文團體組織如業餘天文學會，但其發展和宣傳相當有限，唯有學校作為宣傳和教育的主導角色，學生在校可以長期參與天文興趣班或小組，學習掌握當代社會必備的天文學基礎知識和基本技能，瞭解天文學的發展歷史和貢獻，認識天文學對現代社會的重大應用意義以及發展前景，從而激發學習和應用天文知識、技能的興趣和動力。同時，也可使天文學習活動成為與物理、數學等學科互相融合、彼此輔助的跨學科綜合學習平台。有助於培養和發展學生的科學探索、科學研究精神、磨鍊意志、啟發創新。

課程名為「天文探索－夢想飛行」，取其名意思是本課程的核心是觀察，是前人甚至是二十一世紀人類探索宇宙的重要研究方法，也就是本課程的教學重點是從觀察中探索我們的世界，符合我對課程設計的期待。自二十世紀到現在，人類不甘願只在地球上依靠儀器觀察外太空未知世界，因大氣層對地面觀察的限制使人類在二十世紀後期快速發展航天事業，離開地面走向外太空，甚至遠在太陽系邊緣也有人類的發射器！見證了人類對太空探索的積極，對未知世界的好奇，人類對宇宙深處探索的渴求和夢想最終能達成，因此名為夢想飛行。

本課程設計最大的特色是首次使用現時流行的 IPAD，有系統地開展天文科普的先例，尋找大量具有教學用途的天文軟件，嘗試通過本次教學設計檢示其作為多媒體教學的功能，提供本澳教師多一個教學手段。教學中也嘗試引入跨學科整合，包括歷史、辯論、物理、化學，再結合國際航天發展，導入我國航天發展事業的進展和困難，強調培養學生跨學科綜合能力，更重要是提供學生對航天事業發展的好奇心，關心我國航天發展進程和困難。另外本課程也重視學生綜合素養和能力，培養認知、技能和情感三方面的能力要求，通過傳統的直接教學、討論、學習單等教學方法以達成認知目標的要求外，更要求學生能應用、分析所學知識於實際觀察中，因此安裝、操作、運用望遠鏡，善用星座圖、日晷儀、針孔太陽投影儀，成為本課程技能目標的要求，與認知目標相互相承。最後利用工作坊、校內外的天文攤位展示所學成果，培養學生組織、合作、協調能力，願意向他人分享天文學習樂趣，展示作品，增加學生本身的成就感，達到情感目標的要求。

課程共分為二十九個課時(包括三個工作坊)，內容取於自編教材《天文觀星手冊高中版》，此教材按澳門需要和本校學生的能力，加上本人的教學經驗，內容經過篩選後共編成七大章節，包括望遠鏡的原理、天球系統和星座觀察、太陽系和行星觀察、月球的觀察、太陽的觀察、恆星的觀察和深空天體的觀察。另外還有三個工作坊，分別是日晷儀、太陽針孔投影儀和星圖製作，有成本低、效果佳、環保利用等特色，學生甚至能夠在自己的作品中發揮創意。最後，由老師帶領學生組織校內天文攤位和校外街頭天文活動，把所學的天文知識、觀察技能和情感分享給校內校外的人。

目錄

| | |
|---------------------------|---------|
| 簡介 | 1 |
| 目錄 | 2-3 |
| 教學進度表 | 4-5 |
| 壹、 教學計劃內容簡介 | 6-12 |
| 貳、 教案 | 13-302 |
| 第一章 望遠鏡的原理(四課時) | |
| 一、教學計劃說明 | 13-16 |
| 二、教學時間分配 | 17-20 |
| 三、教學活動 | 24-44 |
| 四、試教評估、反思及建議 | 45-46 |
| 五、成果展示 | 47-48 |
| 第二章 天球系統和星座觀察(五課時) | |
| 一、教學計劃說明 | 49-53 |
| 二、教學時間分配 | 54-57 |
| 三、教學活動 | 58-87 |
| 四、工作坊教案－星座圖 | 88-92 |
| 五、試教評估、反思及建議 | 93 |
| 六、成果展示 | 94-98 |
| 第三章 太陽系和行星觀察(七課時) | |
| 一、教學計劃說明 | 99-104 |
| 二、教學時間分配 | 105-111 |
| 三、教學活動 | 112-163 |
| 四、試教評估、反思及建議 | 164-165 |
| 五、成果展示 | 166 |
| 第四章 太陽的觀察(五課時) | |
| 一、教學計劃說明 | 167-170 |
| 二、教學時間分配 | 171-173 |
| 三、教學活動 | 174-194 |
| 四、工作坊教案－針孔太陽投影儀 | 195-196 |
| 五、工作坊教案(2)－日晷 | 197-198 |
| 六、太陽導賞活動計劃簡介 | 199 |
| 七、試教評估、反思及建議 | 200-201 |
| 八、成果展示 | 202-204 |
| 第五章 月球的觀察(三課時) | |
| 一、教學計劃說明 | 205-209 |
| 二、教學時間分配 | 210-212 |

| | |
|-------------------------|----------------|
| 三、教學活動 | 213-239 |
| 四、試教評估、反思及建議 | 240 |
| 五、成果展示 | 241-245 |
| 第六章 恆星的觀察(四課時) | |
| 一、教學計劃說明 | 246-250 |
| 二、教學時間分配 | 251-254 |
| 三、教學活動 | 255-283 |
| 四、試教評估、反思及建議 | 284-285 |
| 第七章 深空天體的觀察(一課時) | |
| 一、教學計劃說明 | 286-289 |
| 二、教學時間分配 | 290 |
| 三、教學活動 | 291-301 |
| 四、試教評估、反思及建議 | 302 |
| 參考文獻 | 303 |
| 附件 | 304-310 |
| 一、教學相片 | 304-307 |
| 二、教具照片 | 308-310 |

教學進度表

1. 課堂活動共二十九課時，每課時 40 分鐘，當中包括三次工作坊，每次 60 分鐘。
2. 三次戶外觀察實習，約 120 分鐘。(夜晚)
3. 五次校內觀察實習，約 40-120 分鐘。(夜晚)
4. 一次校內太陽天文攤位講解，為期一天。

| 課節 | 課題 | 課題內容 | 授課時間 | 課時 |
|-------|-----------|------------------------|------------|---------|
| 第一課節 | 望遠鏡的原理 | 光的屬性與觀測儀器 | 2013-10-04 | 40mins |
| 第二課節 | 望遠鏡的原理 | 望遠鏡的原理 | 2013-10-04 | 40mins |
| 第三課節 | 望遠鏡的原理 | 雙筒望遠鏡和效能參數 | 2013-10-04 | 40mins |
| 第四課節 | 望遠鏡的原理 | 望遠鏡的操作實習 | 2013-10-04 | 40mins |
| 第五課節 | 天球系統和星座觀察 | 天球系統和星座的源由 | 2013-10-11 | 40mins |
| 第六課節 | 天球系統和星座觀察 | 四季星座 | 2013-10-11 | 40mins |
| 第七課節 | 天球系統和星座觀察 | 星座工作坊 | 2013-11-08 | 60mins |
| 第八課節 | 天球系統和星座觀察 | 周日運動和周年運動 | 2013-11-08 | 40mins |
| 第九課節 | 天球系統和星座觀察 | 黃道十二宮、星座的季節變化、星座盤 | 2013-11-08 | 40mins |
| 戶外實習課 | 天球系統和星座觀察 | 戶外觀星實習 | 2013-11-15 | 120mins |
| 校內實習課 | 天球系統和星座觀察 | 校內觀星實習 | 2013-12-01 | 120mins |
| 第十課節 | 太陽系和行星的觀察 | 認識太陽系的基本元素、成員 | 2013-12-06 | 40mins |
| 第十一課節 | 太陽系和行星的觀察 | 行星的分類、水星和金星介紹 | 2013-12-06 | 40mins |
| 校內實習課 | 太陽系和行星的觀察 | 校內行星觀察實習 | 2013-12-06 | 60mins |
| 第十二課節 | 太陽系和行星的觀察 | 火星與火星探索 | 2013-12-13 | 40mins |
| 第十三課節 | 太陽系和行星的觀察 | 木星與木星探索 | 2013-12-13 | 40mins |
| 第十四課節 | 太陽系和行星的觀察 | 土星與土星探索 | 2013-12-13 | 40mins |
| 第十五課節 | 太陽系和行星的觀察 | 天王星和海王星的探索、矮行星和地內行星視運動 | 2013-12-14 | 40mins |
| 第十六課節 | 太陽系和行星的觀察 | 地外行星的視運動、其他 | 2013-12-14 | 40mins |

| | | 小天體 | | |
|--------|-----------|-----------------------|------------|---------|
| 校內實習課 | 太陽系和行星的觀察 | 校內行星觀察實習 | 2013-12-18 | 60mins |
| 第十七課節 | 太陽的觀察 | 認識太陽基本資料 | 2013-12-19 | 40mins |
| 第十八課節 | 太陽的觀察 | 太陽內部結構和大氣層 | 2014-01-14 | 40mins |
| 第十九課節 | 太陽的觀察 | 太陽觀察的方法 | 2014-01-14 | 40mins |
| 校內實習課 | 太陽的觀察 | 校內觀日實習 | 2014-01-14 | 60mins |
| 第二十課節 | 太陽的觀察 | 針孔太陽投影儀工作坊 | 2014-01-24 | 60mins |
| 第二十一課節 | 太陽的觀察 | 日晷儀工作坊 | 2014-02-21 | 60mins |
| 校內實習課 | 太陽的觀察 | 太陽導賞攤位活動 | 2014-02-24 | 全日 |
| 第二十二課節 | 月球的觀察 | 認識月球基本知識、月面地形 | 2014-03-07 | 40mins |
| 第二十三課節 | 月球的觀察 | 月球的起源、月球的自轉和公轉、月相變化 | 2014-03-14 | 40mins |
| 校內實習課 | 月球的觀察 | 校內觀月實習 | 2014-04-07 | 60mins |
| 第二十四課節 | 月球的觀察 | 日食、月食、月球的探索 | 2014-04-11 | 40mins |
| 第二十五課節 | 恆星的觀察 | 天文常用的距離單位、恆星的命名方法 | 2014-04-25 | 40mins |
| 第二十六課節 | 恆星的觀察 | 恆星的亮度和光度、視星等和絕對星等、赫羅圖 | 2014-05-09 | 40mins |
| 第二十七課節 | 恆星的觀察 | 恆星的演化 | 2014-05-20 | 40mins |
| 第二十八課節 | 恆星的觀察 | 恆星的多樣性 | 2014-06-04 | 40mins |
| 校外實習課 | 恆星的觀察 | 戶外觀星實習 | 2014-06-07 | 120mins |
| 第二十九課節 | 深空天體的觀察 | 星系、星雲、星團、銀河系 | 2014-06-13 | 40mins |
| 校外實習課 | 深空天體的觀察 | 戶外觀星實習 | 2014-06-29 | 120mins |

壹、教學計劃內容簡介

| | | | | | |
|------|-----------------|------|-------|------|-------|
| 學年名稱 | 天文探索－夢想飛行 | | | 參選編號 | C002 |
| 學科名稱 | 地理科 | 教學對象 | 高一至高三 | 學生人數 | 15 人 |
| 教材來源 | 自編教材《天文觀測手冊高中版》 | | | 課時 | 29 課時 |
| 教 | 學年目標 | | | 具體目標 | |

| | |
|--|---|
| <p>一、認知目標：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 了解光的屬性 2. 了解地表觀測和大氣層外的觀測方法 3. 了解光學望遠鏡和雙筒望遠鏡 4. 了解天文望遠鏡的光學效能 5. 了解天文望遠鏡的台架、觀測的操作和原則 6. 了解赤道座標系統和地平座標系統 7. 了解星座系統和四季星座 8. 了解星體運動和歲差現象 9. 了解星座盤 10. 了解太陽系的基本知識 11. 了解行星的各種分類 12. 了解八大行星的基本知識 13. 了解各行星的視運動特徵 14. 了解其他小天體的基本知識 15. 了解月球的基本資料和月面的地形 16. 了解月球的起源和自轉公轉運動 17. 了解「食」的天文現象 18. 了解探索月球的歷程 19. 了解太陽的基本資料 20. 了解太陽的內部結構和大氣層的結構 21. 了解太陽的活動和觀察方法 22. 了解釋天文常用的距離單位 23. 了解恆星的概況、演化和多樣性 24. 了解深空天體 25. 了解星系、星系和星團 26. 了解銀河系 <p>二、技能目標</p> <ol style="list-style-type: none"> 27. 培養操作望遠鏡的能力 28. 培養辨認星座的能力 29. 培養辨認太陽方位的能力 30. 培養使用星座盤的能力 31. 培養觀察行星、月球、深空天體、恆星的能力 32. 培養學生能安全觀察太陽 <p>三、情感目標：</p> <ol style="list-style-type: none"> 33. 培養使用望遠鏡的興趣 34. 培養天文觀測的素養 35. 培養學生天文觀察的樂趣 36. 培養對國際航天發展事業的好奇心 37. 培養探索天文科學的積極性 | <p>詳 見 各 章 的 教 學 具 體 目 標</p> <p>2013/2014 學年教學設計獎勵計劃獲獎作品</p> <p>7</p> |
|--|---|

| | |
|---------|--|
| 教學重點和難點 | (詳見各章的教學重點和難點) |
| 教學設計特色 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 自編教材－符合本澳需要，強調以學生為本，按過去教學經驗為學校設計校本教材，學習單穿插在教材中，加強學生聽與寫、理解和組織內容的能力。課堂和教材中還加入「重點整理」部份，讓學生能易於整理和複習堂上內容。 2. 跨學科教學－課程中除了天文知識外，橫向涉及的領域包括物理、化學、地理、歷史等，縱向除了開展認知和技能層面知識外，也特別強調情感目標的教學設計目標，提升學生綜合素養和整合學科知識的能力。另外，在課程設計中增設辯論元素，在老師指導下進行二十分鐘的小型辯論比賽，學生可以提高中文語言能力，臨場思維應變能力，團隊協作能力，鍛煉心理素質，互相尊重，彼此接納的人格素養，共同探究天文議題。 3. 觀察為主軸－課堂中教授大量天文知識內容，但更強調生活是科學，不時舉行多次觀測活動，學生必須要進行多次的觀察實習，親自操作望遠鏡，強調學以致用。 4. 插入 DIY 課程－為了增加課堂趣味而設計，成本低、環保利用、簡單易製作是其特點，通過不同的工作坊學生能動手製作屬於自己的天文儀器，且在校內攤位中展示，強調新鮮感、趣味性和創意，延續學生學習好奇心，提升成就感。 5. 重視科普－由老師的帶領下在校內舉行天文攤位，如太陽觀察攤位，展示工作坊的成果之餘，由學生親自組織、分配、協調、講解等工作，為校內各中、小學生介紹課堂所學的知識，強調教學相長，教育傳承，向同學分享天文觀察的樂趣，強調科學普及，面對學校，培養學生綜合素養。 6. IPAD 和多媒體教學－首次利用 IPAD 多種天文軟體投入教學，開發了不同型式、免費、可塑性大的天文軟件於教學活動中，進行「互動式多媒體應用教學」，向學生展示更多動畫、影像、照片，與學生進行更多有趣的教學活動，強調雙向教學，增加師生互動。另外也包括投影片展示、電腦模擬星空、記錄片等，並在網上開放短片路徑 (Youtube)，有利學生課餘時段複習和查找更多資訊。 7. 普及航太新知－天文知識除了教授知識的理論外，課程中插入更多國際航太新知，包括探索系外行星，中國嫦娥工程等，從而開闊學生視野，提高對當前國際航空航太形勢的認識，為國家支持宣傳航太事業和普及航太科技知識，增強了學生的民族自豪感，更關心中國航天的發展事業。 |

教學活動主題圍繞天文觀察，把觀察內容分成六大部份，分別是星座觀察、太陽系觀察、月球觀察、太陽觀察、恆星觀察和深空天體觀察。內容無非是使用肉眼和借助望遠鏡進行目標性觀察，因此進入課程內容主題之前必須先教導學生認識望遠鏡的原理，學會使用望遠鏡輔助天文觀察。整個教學課題共可分成七章，第一章是望遠鏡的原理，分四個課時完成；第二章是天球和星座的觀察，分四個課時完成，並且進行兩個主題式工作坊，分別是星座圖 DIY 和日晷 DIY；第三章是太陽系和行星的觀察，分七個課時完成，教學的時間最長的一個章節，內容廣泛包括八大行星的詳細介紹、小天體和系外行星的探索等；第四章是太陽的觀察，分三個課時完成，並且進行一個主題式工作坊－針孔太陽投影儀 DIY；第五章是月球的觀察，分三個課時完成；第六章是恆星的觀察，分四個課時完成；第七章是深空天體的觀察，分一個課時完成。整個課程共二十九個課時(包括三個工作坊)和一系列的戶外校內觀星活動。

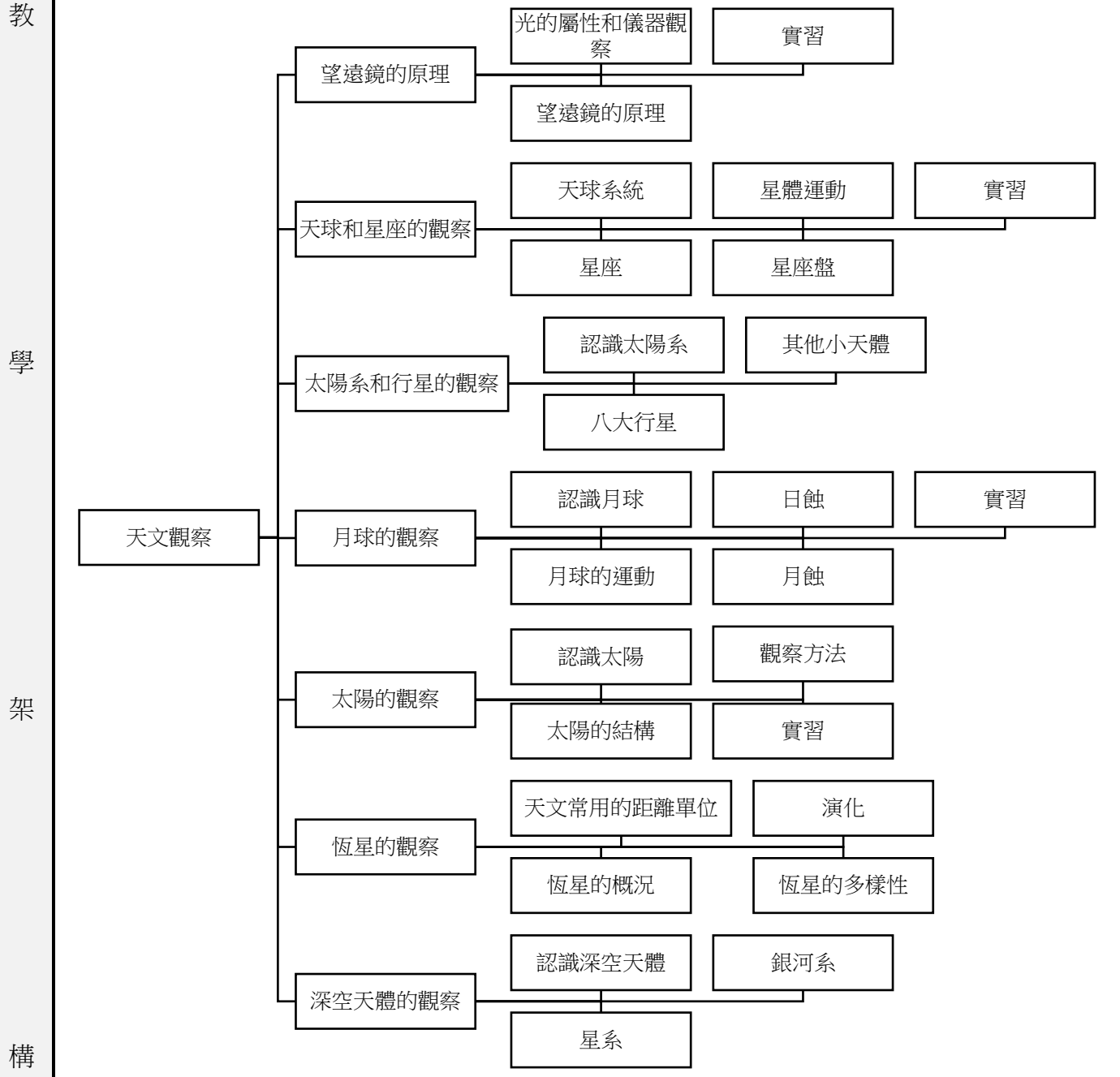
第一章望遠鏡的原理內容於前兩個課時簡單介紹天體觀察方法，再延伸引入重點教學－光學望遠鏡的原理和使用，這是實施整個教學內容中學生必須掌握的環節，在前兩個課時中介紹光學望遠鏡的種類和各類的優點和缺點，學生能利用這些知識有效選擇適合／正確的望遠鏡進行觀察。在繼續兩個課時的教學是前面內容的延伸和深化，分別是望遠鏡的光學效能的應用和計算，包括集光力、解析力、放大倍率等，學生能將光學效能的知識內容應用於前面學過的望遠鏡內容並加以深化和應用。整個教學過程最困難的地方是學生要清楚掌握各類型望遠鏡的性能和優缺點，能選用適合目標觀測的望遠鏡，把望遠鏡的效能參數應用於觀察，並且能動手準備、安裝、調整望遠鏡。教學活動中期望能利用 IPAD 模擬操作望遠鏡，學生更多地操作望遠鏡，熟能生巧，把技能深化，突破以上難點。

第二章的內容是天球系統和星座的觀察，是天文學的入門，是學生必須打好基礎的知識內容。整個章節共分成四個時節講解，一開始先簡單介紹天球系統，利用電腦軟件訓練學生能讀懂天球儀，先掌握判斷天體位置的技巧，再引申星座源由，同學分享彼此自己的星座故事，引起學習動機，利用同學的互相學習和設計學生活動深入介紹四季星座，學生能借此學習不同季節認星、辨星的技巧。當學生天球和星座有更深的認識後，老師把內容延伸至天球的周日運動和周年運動，學生如對之前所學習過的內容有一定瞭解後，對天球運動的內容理應較易處理，在周日運動和周年運動的教學中，老師通過設問和從電腦的模擬星空情境中檢核學生的學習成效，周年運動的重點強調星季的季節變化，這些抽象概念會利用資訊科技和動畫展示給同學，理解歲差對拱極星、春分點和天文曆法的影響，瞭解太陽日和恆星日的差異如何造成星座的季節性變化。課後，會通過兩次工作坊－日晷儀和星座盤 DIY，加深認識周日運動和星座認識，提升學生自主學習和能動性，老師以此作為綜合評量。

第三章內容進入太陽系和行星的觀察，內容包括組成太陽系的基本元素，八大行星的介紹、探索，行星的定義和矮行星的意義，行星分類和視運動，最後介紹其他小天體。第三章內容較多，共分成七個課時介紹，獨立用三個課時介紹火星、木星、土星，並且認識人類探測火、木、土星的方法、過程、結果，與學生分享行星探索的成果，分別介紹不同種類的航太探測器如好奇號、凱西尼號、伽利略號等。除了介紹航太新知外，課程後期會引入近期熱門的天文話題如矮行星與行星的比較，發現系外行星的方法和凌日現象等等，課程上嘗試引入天文新知，學生能與世界接軌，同時增加學生學習興趣。因為內容較多，避免學生死記硬背，老師直接教授的方法，課程中大量加入動畫、短片、影片、教具展示等多媒體教學法，增加對內容的理解、興趣和好奇心，內容易吸引、易應用、易理解，學生能按不同行星物理性質、位置，歸納出行星不同分類的方法，並且能按不同行星的分類，推斷視運動的階段和運動方式。

第四章主題是太陽觀察，內容主要分為四個大部份，三個課時和一個工作坊完成，分別是太陽內部結構、外部結構、太陽活動和太陽觀察方法。首先講解太陽內部和大氣層方面利用圖片和動畫講解，學生通過照片瞭解肉眼不能看到的太陽真實面貌，把太陽的基本物理特徵和規律形象化，大量的動畫軟件讓學生有多媒體學習引起學習動機。之後進入太陽活動方面介紹黑子、耀斑、日珥等現象，學生瞭解後引入觀察方法，包括不同太陽活動的觀察方法，包括使用投影法和濾鏡法觀察黑子、使用 H α 鏡觀察日珥等，學生能在過程中親眼觀察、操

學生分析
 高中學生對於天文課程完全陌生，但在初中課時中已經學過基本的物理、化學和地理，能初步了解光學原理、化學元素和地形地質，對這些知識有一定的模糊概況，學生會有能力學習望遠鏡的操作、原理、效能，各行星的特徵和月面地貌等知識，可藉此重整學生初中階段的學習的概況，強化已有記憶之後把所學的知識延伸至天文觀察領域，有助學生應用和操弄知識，利用圖片、短片、影像、動畫、學生活動、辯論、工作坊等多樣式的教學活動，幫助學生較快掌握重點和突破難點，甚至舉辦校內科普攤位，校外天文講解和多次的天文觀星實習，有效完成教學目標。



| | |
|------|--|
| 教學方法 | 講授、觀測、討論、設問、引導教學、學習單、師生互動、交互式多媒體應用、影片導賞、學生活動、小組合作、小組比賽 |
| 教學評量 | <p>一、認知評量： 通過課堂上的討論、設問，學生能回答課堂上的問題，單元結束後完成教材的練習內容。</p> <p>二、技能評量：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 能操作望遠鏡和簡易計算望遠鏡的效能參數。 2. 能使用星座圖觀察星座、深空天體、恆星、太陽等天體運動。 3. 能使用日晷儀觀察時間。 4. 能使用多種觀察太陽的方法。 <p>三、情感評量：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 老師通過觀察學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等…… 2. 學生願意分享觀星和使用望遠鏡的樂觀。 <p>四、綜合評量</p> <p>能成功舉辦校內太陽觀察講解攤位，參加人次能超越 100 人，過程中觀察同學整體表現，包括組織能力、解說能力、時間分配等綜合技能，並能向同學介紹望遠鏡基本原理和使用方法和展示多種觀察太陽的方法。</p> |

1. 資訊設備：電腦、投影機、IPAD。
2. IPAD應用程式：Solar Walk, SkySafari, Mars Globe, Moon Globe, Sun Viewer, Jupiter Guide, Moon, Telescope simulator, Star Walk, Exoplanet, 月球探秘, Cometbook, Google Earth。



3. 電腦應用程式：Stellarium。
4. 教具設備：牛頓反射鏡、折射望遠鏡、馬克蘇托夫式牛頓反射鏡、赤道儀、經緯儀、不同焦距的目鏡、45°正像鏡、天頂鏡、X3增倍鏡、三原色折射盒、普羅式雙筒望遠鏡、屋脊式雙筒望遠鏡、天球儀、澳洲天文曆、橙、手電筒、星座盤、針孔太陽投影儀、日晷儀、自製星座圖。
5. 投影片準備：電磁波圖、紅外線圖、X光圖、可見光圖、光學望遠鏡圖片、單個電波望遠鏡圖片、電波望遠鏡原理圖片、電波望遠鏡陣列圖片、哈勃望遠鏡圖片、天宮一號圖片、望遠鏡原理圖片、主鏡圖片、目鏡圖片、折射式望遠鏡圖片、反射式望遠鏡圖片、折反射式望遠鏡圖片、色差照片、鍍膜照片、螢石照片、雙筒望遠鏡的種類圖片、赤道座標系統圖、地平座標系統圖、天球系統圖、北極星判星法圖、四季星座圖、星跡圖、不同緯度星跡圖、北極歲差圖、春分歲差圖、赤道座標系統照片、地平座標系統照片、歲差照片、日心說圖、地心說圖、托勒密體系圖、火星大沖圖、火星逆行圖、好奇號的1美分硬幣圖、行星符號圖、伽利略望遠鏡下的土星圖、金星相位變化圖、金星相變化照片、金星凌日圖、金星凌日照片、柯伊伯帶與歐特雲的形成圖、彗星軌道圖、望遠鏡下的火星照片、開普勒第一定律圖、開普勒第二定律圖、獵戶座大星雲的原恆星照片、類地行星形成示意圖、天秤動成因照片、日全食照片、日全食過程圖、日食成因圖、月球2號照片、月球一號照片、月球上太空人腳印照片、月球上的美國國旗照片、月球放大照、月球圖案、玄武岩照片、同步自轉圖、灰光照片、老師拍攝的滿月照片、西貢地質公園照片、伽利略所畫的月球照片、阿波羅太空人照、虹灣局部影像圖4張、學生活動老師拍攝月面照數張、高清月面照數張、輻射紋照片、阿波羅8號地月照、Thousand Oaks觀察下的太陽照片、三足鳥圖、太陽大氣層圖、太陽日珥照片、太陽可見光通道圖、太陽光譜分光圖、太陽表面米粒組織圖、太陽活動圖、太陽黑子圖、日冕照片、全日面色球單色像、地球磁力線圖、米粒組織比例圖、米粒組織示意圖、色球層針狀體、黑子形成原因圖、學生活動全日面照片、臨邊昏暗現象圖、耀斑照片、藍球、紅豆、沙粒、岩石、針孔投影儀、太陽眼鏡、Sunspotter、太陽濾膜、Ha通道太陽望遠鏡、M80照片、M80赫羅圖、14 大質量的恆星演化圖、12 中等質量的恆星演化圖、12 小質量的恆星演化圖、白矮星照片、白矮星與地球比較圖、各質量恆星的演化圖、多普勒效應示意圖、低質量恆星的赫羅圖、周光關係示意圖、星際物質照片、秒差距示意圖、紅巨星的原素生成圖、紅巨星與太陽比較圖、紅巨星與地球比較圖、紅移現象圖、食雙星圖、原恆

貳、教案

一、望遠鏡的原理教學計劃說明

| 第一章、望遠鏡的原理 | | (四課時) |
|------------------|---------------------|---|
| 單元目標 | | 具體目標 |
| 教 學 目 標 | 一、認知目標： | |
| | 1. 了解光的屬性 | 1-1 能解釋電磁波 1-2 能說出波長不同的光 1-3 能說出波長與能量的關係 |
| | 2. 了解地表觀測和大氣層外的觀測方法 | 2-1 能說出地表觀測的觀測原理 2-2 能解釋大氣對各種波段的透明度 2-3 能說出地表觀測的儀器 2-4 能說明地表觀測儀器的原理 2-5 能說出大氣外觀測的觀測原理 2-6 能概略說出哈勃望遠鏡對人類的貢獻 2-7 能概略說明中國當代天文的發展 |
| | 3. 了解光學望遠鏡 | 3-1 能說明光學望遠鏡的主要結構 3-2 能說出口徑和焦距的定義和效用 3-3 能解釋折射望遠鏡的原理 3-4 能解釋反射望遠鏡的原理 3-5 能解釋折反射望遠鏡的原理 3-6 能說出折射望遠鏡的優缺點 3-7 能說出反射望遠鏡的優缺點 3-8 能說出折反射望遠鏡的優缺點 3-9 能解釋色差和鍍膜的原理 |
| | 4. 了解雙筒望遠鏡 | 4-1 能說明雙筒望遠鏡的主要結構 4-2 能說明雙筒望遠鏡的優點 4-3 能說出雙筒望遠鏡的基本的數值效能 4-4 能概說出射瞳徑和良視距的定義 4-5 能說出雙筒望遠鏡的種類 4-6 能比較屋脊稜鏡和普羅稜鏡的優缺點 |
| | 5. 了解天文望遠鏡的光學效能 | 5-1 能解釋「集光力」和意義 5-2 能解釋「解析力」和意義 |

| | | |
|------|--|---|
| | <p>6. 了解天文望遠鏡的台架</p> <p>7. 了解天文觀測時的操作和原則</p> <p>二、技能目標：</p> <p>8. 培養操作望遠鏡的能力</p> <p>三、情感目標：</p> <p>9. 培養天文觀測的興趣</p> <p>10. 培養天文觀測的素養</p> | <p>5-3 能解釋「放大力」和意義</p> <p>5-4 能解釋「焦比」和意義</p> <p>6-1 能說出經緯儀的功能</p> <p>6-2 能說出赤道儀的功能和原理</p> <p>7-1 能說出使用望遠鏡時的原則</p> <p>7-2 能分析野外觀測的環境</p> <p>7-3 能說出望遠鏡的「準備」、「組裝」和「調整」步驟</p> <p>8-1 能計算和應用光學望遠鏡的效能參數</p> <p>8-2 能操作雙筒望遠鏡</p> <p>8-3 能親自準備天文觀測所需要的儀器</p> <p>8-4 能安裝天文觀測儀器</p> <p>8-5 能調整天文望遠鏡和台架</p> <p>8-6 能與組員配合作出有效和流暢的分工</p> <p>9-1 主動參與校內的天文觀測活動</p> <p>9-2 願意向別人分享天文觀測樂趣</p> <p>9-3 主動關心中國天文觀測科技的發展</p> <p>10-1 關心光害污染的問題</p> <p>10-2 願意遵守戶外觀測的禮儀和原則</p> |
| 教學重點 | <p>1. 能說明各類天文望遠鏡的種類和優缺點。</p> <p>2. 能簡單計算和應用望遠鏡效能。</p> <p>3. 能操作各類型的望遠鏡。</p> | |
| 教學難點 | <p>1. 能比較各類型望遠鏡的性能和優缺點，能選用適合目標觀測的望遠鏡。</p> <p>2. 能把望遠鏡的效能參數應用於觀測。</p> <p>3. 能動手準備、安裝、調整望遠鏡。</p> | |

教材研究

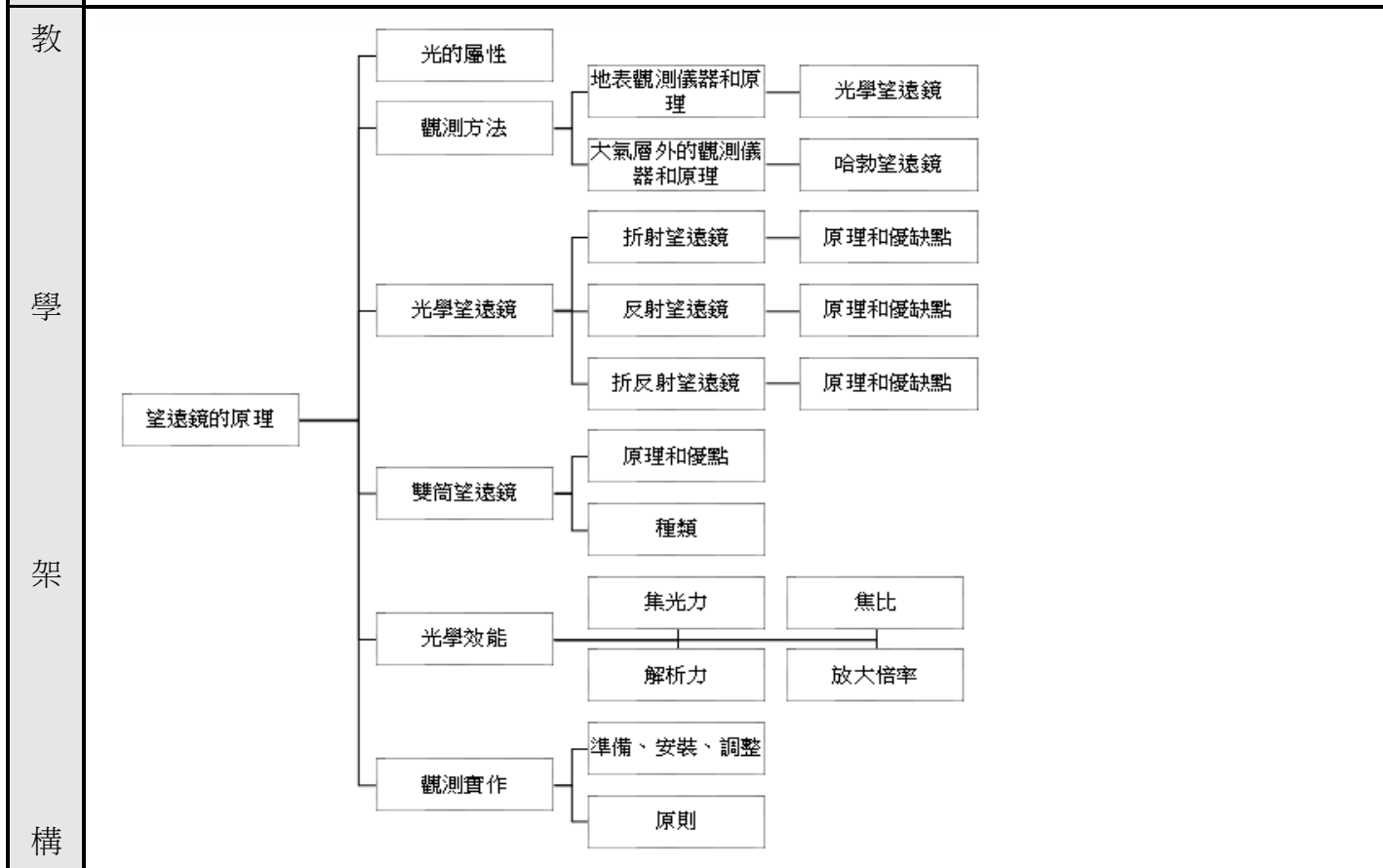
對於剛接觸天文學的學生來說應該先從觀測入手，而本著因材施教的理念，本人的教材是參考大量書籍、知識和經驗，因應本校學生程度所編制的《天文觀測學生手冊—高中版》，全書共七個章節，以重點整理的形式編排，學生上課不但可以簡單明瞭所學內容，也可以在書中填寫上課內容和進行學生活動等。

讓學生學習天文觀測應先認識觀測儀器入手，第一時節概括了光的屬性和波段的分類，進而引述不同波段所使用的觀測儀器，深入淺出，使用大量的照片比較地表觀測和外大氣層觀測儀器的不同，引導學生明白地表觀測必要性和外大氣層觀測的重要性，引申中國天文發展的歷程，培養學生關心中國當代天文發展。

第二、三時節是本章重點部份，講述望遠鏡的原理、種類、優點、缺點、光學效能和應用等，課堂中必須要使用大量教具包括一系統的望遠鏡、配件等輔助，並由大量的照片補充說明各類光學效能的特點，再使 IPAD 應用程式進行即時望遠鏡應用教學，讓學生自主學習、探索，為下次的課堂內容做準備。

第四時節主要是望遠鏡的應用部份，把前三堂所學的知識加以應用，轉化成技能，本節把操作望遠鏡的部份分成 1) 觀測前期準備工作，如選擇觀測目標、地點、時間、工具等。2) 觀測時進行安裝工作，如架設台架、望遠鏡、配件等。3) 觀測時進行調整工作，如尋星鏡的使用、赤道儀的極軸調整等。以上步驟將會逐一講解，最後十分鐘將會由學生自行操作，內化知識，深化技能。最後將會舉行一次戶外觀測實習和一次校內攤位講解作為本單元的綜合評估。

本單元教材的設計最大的特點是讓學生反覆使用課堂所學的知識點並加以深化，強調應用和操作，並首次使用 IPAD 作即時的實時教學，增加師生互動，培養學生的興趣，透過小組操作和大型活動加強同儕間的互助互愛的共融精神。



| 教學方法 | 講授、版書、觀測、討論、設問、引導教學、學習單、師生互動、小組合作、多媒體應用、教具演示、教具演示 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--|----|------------|---|------|---|----|---|-----------|---|----|---|--------|---|----|---|------------|---|----|---|------------|
| 教學資源 | 自編教材和學習單、課外文章、教學媒體包括電腦圖片、短片、IPAD 和一系列的教具 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 教學評量 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 認知評量： <ol style="list-style-type: none"> A. 能回答問題 B. 完成學生手冊章節內容 2. 技能評量： <ol style="list-style-type: none"> A. 能在網上搜集中國天文空間發展的相關資訊 B. 能讀取效能參數和操作天文望遠鏡 C. 觀測彼此間有否良好分工和配合 3. 情感評量： <ol style="list-style-type: none"> A. 學生能願意分享使用望遠鏡的方法 B. 觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等…… | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 課前準備 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 資訊設備：電腦、投影機、IPAD 2. IPAD應用程式準備：Telescope Simulator 3. 教具設備：牛頓反射鏡、折射望遠鏡、馬克蘇托夫式牛頓反射鏡、赤道儀、經緯儀、不同焦距的目鏡、45°正像鏡、天頂鏡、X3增倍鏡、三原色折射盒、普羅式雙筒望遠鏡、屋脊式雙筒望遠鏡 4. 投影片準備：電磁波圖、紅外線圖、X光圖、可見光圖、光學望遠鏡圖片、單個電波望遠鏡圖片、電波望遠鏡原理圖片、電波望遠鏡陣列圖片、哈勃望遠鏡圖片、天宮一號圖片、望遠鏡原理圖片、主鏡圖片、目鏡圖片、折射式望遠鏡圖片、反射式望遠鏡圖片、折反射式望遠鏡圖片、色差照片、鍍膜照片、螢石照片、雙筒望遠鏡的種類圖片等…… 5. 短片準備：《哈勃深空攝影：人類所拍的最重要的照片》 6. 課外閱讀準備：國務院新聞辦發表《2011年中國的航天》白皮書、《中國「神舟」載人航天歷史》 7. 教材和學習單準備：自編教材《天文觀測學生手冊－高中版》 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 課時分配 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 課堂活動共四課時，每課時 40 分鐘。 2. 四課時的重點內容如下： <table border="1" data-bbox="177 1771 1474 2020"> <thead> <tr> <th>節次</th> <th>月</th> <th>日</th> <th>教學重點</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>4</td> <td>光的屬性與觀測儀器</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>10</td> <td>4</td> <td>望遠鏡的原理</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>10</td> <td>4</td> <td>雙筒望遠鏡和效能參數</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>10</td> <td>4</td> <td>校內望遠鏡的操作實習</td> </tr> </tbody> </table> | 節次 | 月 | 日 | 教學重點 | 1 | 10 | 4 | 光的屬性與觀測儀器 | 2 | 10 | 4 | 望遠鏡的原理 | 3 | 10 | 4 | 雙筒望遠鏡和效能參數 | 4 | 10 | 4 | 校內望遠鏡的操作實習 |
| 節次 | 月 | 日 | 教學重點 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 10 | 4 | 光的屬性與觀測儀器 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 10 | 4 | 望遠鏡的原理 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 10 | 4 | 雙筒望遠鏡和效能參數 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 10 | 4 | 校內望遠鏡的操作實習 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

二、教學時間分配

第一課時 (40min)

教學重點：光的屬性與觀測儀器

| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
|---|--------------|------------------------|-----------------------------------|------|--|
| 第一章、 望遠鏡的原理 第一節、 光的屬性與觀 測儀器 | 一、光的屬性 | 課題引入及設問 | 圖片 | 3min | 認知評量：能回答問題；完成學生手冊章節內容 技能評量： 能在網上搜集中國天文空間發展的相關資訊。 情感評量：觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等…… |
| | | 介紹光的屬性和相關圖片展示 | 圖片和學生手冊 | 4min | |
| | | 設問和解答 | 圖片 | 1min | |
| | 二、地表觀測 | 介紹地表觀測的定義、種類、方法和相關圖片展示 | 圖片、材自編教、IPAD (<i>Star Walk</i>) | 7min | |
| | | 教具講解 | 光學望遠鏡 | 4min | |
| | 三、大氣層外的觀測 | 介紹地外觀測的定義、簡單介紹哈勃望遠鏡 | 圖片和學生手冊 | 4min | |
| | | 短片觀賞 | 短片 | 6min | |
| | | 設問和解答 | 短片 | 3min | |
| | | 閱讀資料內容及設問 | 《2011年中國的航天》白皮書 | 4min | |
| | | 閱讀資料內容及設問 | 《中國神舟載人航天史》 | 3min | |
| | 總結、學生發問和作業佈置 | | 網路平台 | 1min | |

第二課時 (40min)

教學重點：望遠鏡的結構、種類、特色

| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
|--------------------------|---------------|----------------|--------------|---|----------|
| 第一章、望遠鏡的原理 第二節、望遠鏡的原理 | 課題引入 | | 1min | 認知評量：能回答問題；能判別望遠鏡種類；說出各望遠鏡差異；完成學生手冊章節內容 | |
| | 一、望遠鏡的結構 | 介紹望遠鏡的結構 | 圖片和自編教材 | | 5min |
| | | 教具講解 | 反射鏡和折射鏡 | | 1min |
| | | 設問 | | | 1min |
| | | 二、望遠鏡的種類 | 介紹折射望遠鏡的光學原理 | | 折射鏡和自編教材 |
| | 介紹反射望遠鏡的光學原理 | | 反射鏡和自編教材 | | 4min |
| | 展示教具 | | 牛頓反射鏡 | | 2min |
| | 介紹折反射望遠鏡的光學原理 | | 圖片和自編教材 | | 4min |
| | 設問與解答 | | 反射鏡和折射鏡 | | 1min |
| | 三、望遠鏡的優缺點 | 介紹折射望遠鏡的優點和缺點 | 折射鏡、圖片和自編教材 | | 5min |
| | | 介紹反射望遠鏡的優點和缺點 | 反射鏡、圖片和自編教材 | 5min | |
| | | 介紹折反射望遠鏡的優點和缺點 | 圖片和自編教材 | 3min | |
| | | 深入提問和解答 | 目鏡和投影片 | 2min | |
| | | 引導和討論 | | 1min | |
| | 總結和學生發問 | | | 1min | |

第三課時 (40min)

教學重點：雙筒望遠鏡和望遠鏡的功能

| 內容 | | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 |
|----------------------------------|--------------|-----------------------|--|------|--|
| 第一章、 望遠鏡的原理 第二節、 望遠鏡的原理 | 四、雙筒望遠鏡的原理 | 課題引入 | 雙筒望遠鏡 和自編教材 | 1min | 認知評量： 能回答問題；完成 學生手冊章節內容 技能評量： 能使用雙筒望遠 鏡；能讀取望遠鏡 的口徑、焦距；能 計算焦比、放大 力、極像星等、解 像力 情感評量： 觀測學生的表現行 為、投入程度、好 奇心、合作態度、 創新等…… |
| | | 介紹雙筒望遠鏡的原理 | | 2min | |
| | | 設問和解答 | 雙筒望遠鏡 | 3min | |
| | | 延伸學習：「出射瞳 徑」和「良視距」 | | 4min | |
| | 五、雙筒望遠鏡的種類 | 介紹雙筒望遠鏡的種類 | 屋脊稜鏡和普羅稜鏡 和普羅稜鏡 | 3min | |
| | | 屋脊稜鏡和普羅稜鏡的優點和缺點 | | 3min | |
| | | 學生操作和記錄 | | 3min | |
| | 六、天文望遠鏡的光學效能 | 介紹有效口徑、焦距、焦比、放大力 | 反射望遠鏡 和自編教材 | 4min | |
| | | 介紹聚光力、極限星等、解像力 | | 4min | |
| | | 設問和解答 | | 1min | |
| | | 不同口徑的效能比較 | 自編教材 | 3min | |
| | | 光學效能的應用 | IPAD (<i>Telescope Simulator</i>) | 3min | |
| | | 學生 IPAD 操作 | | 1min | |
| | 七、天文望遠鏡的台架 | 設問 | 經緯儀和赤道儀 | 1min | |
| | | 介紹經緯儀和赤道儀 | | 3min | |
| 總結和學生發問 | | | | 1min | |

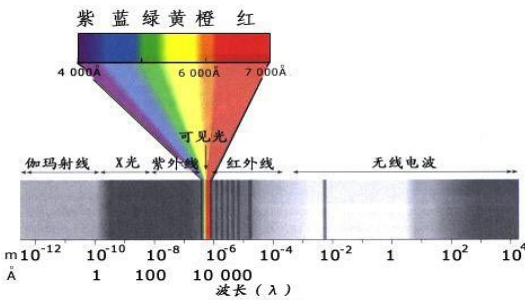
第四課時 (40min)

教學重點：望遠鏡的操作和實習

| 內容 | | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
|---|-----------|--|--------------------|------|---|------|
| 第一章、 望遠鏡的原理 第三節、 光的屬性與 觀測儀器 | 一、準備操作 | 課題引入 | | 1min | 認知評量：能回答問題；完成學生手冊章節內容 技能評量：能動手準備、安裝、調整和操作望遠鏡；觀測彼此間有否良好分工和配合。 情感評量：觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等…… | |
| | | 介紹野外觀測三個要素 | 自編教材 | 3min | | |
| | | 介紹觀測需要遵守的原則 | 圖片和自編教材 | 2min | | |
| | | 延伸學習：「目鏡」、「稜鏡」和「增倍鏡」 | 目鏡、45度稜鏡、天頂鏡、X3巴羅鏡 | 6min | | |
| | | 設問與解答 | | 1min | | |
| | 二、安裝和調整操作 | 安裝和調整望遠鏡的操作 | 自編教材 | 3min | | |
| | | 延伸學習：「尋星鏡較準」的 | 尋星鏡 | 2min | | |
| | 總結 | | | | | 1min |
| | 三、學生操作 | 抽四位學生合成一組，從準備、安裝和調整作一次完成操作，同學要實行分工，包括紀錄、操作、協助。 | 自編教材 | 4min | | |
| | 學生發問和作業佈置 | | | 自編教材 | | 1min |

三、教學活動

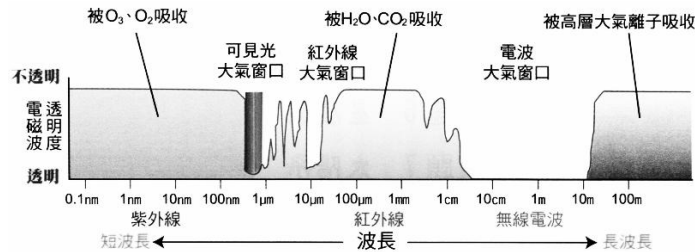
第一節、光的屬性與觀測儀器（第一課時）

| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
|------|--|----------------------|-------|
| 1-1 | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <p>1. 研究教案內容，訂立課程目標。2. 設計教學活動，準備課外資料。3. 準備投影片、短片和教具。</p> <p>學生：</p> <p>1. 已取得自編教材書本。2. 預習第一章第一節的內容。</p> <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：</p> <p>同學們，如果你們觀看星空時，會粒星星都是亮晶晶，其實每顆星星的都是會發射出光，並經過想當長的距離才進入到我們眼睛的，有些星星非常亮，有些星星卻非常暗淡，那麼我們通常會使用望遠鏡觀測星空，所以同學們必須學會使用望遠鏡哦！</p> <p>➤ 【設問】：大家能否知道光是什麼？光其實是什麼顏色？學生自由回答。</p> <p>一、光的屬性</p> <p>➤ 【介紹】：星體發出光其實是電磁波。從科學的角度來說電磁波是能量的一種，凡是能夠釋出電能的物體都會釋出電磁波包括你們的電腦、電視、電風扇、吹風機、微波爐、電磁爐、手機等，所以電磁波可說是無處不在。光是有不同的波長的，較短波長的光包括紫外線、X射線、γ射線，稱為短波；波長較長的包括紅外線和無線電波稱為長波；而波長介乎兩者之間的光稱為可見光，由紫色、藍色、綠色、黃色、橙色、到紅色組成，這就是我們所認識的彩虹哦！（展示教具）</p> | | 3 |
| 1-2 |  <p style="text-align: center;">投影光譜照片</p> <p>➤ 【設問】：電磁波中可見光的範圍其實相當之窄小，那麼短波和長波有何分別？學生自由回答。</p> <p>➤ 【解答】：波長愈短，能量愈大；波長愈長，能量愈小。所以短波的紫外線有殺菌之效果！此外更長的電磁波紅外線有加熱之效果，紫外線與紅外線是眼睛看不</p> | <p>圖片</p> <p>分光盒</p> | 4 |

見的但在人體、生物或工業領域或應用範圍很廣泛。

二、地表觀測

- 1-3 ➤ **【介紹】**：在地表只能觀測一部分的波段，因為星光穿越大氣層時，只有可見光、少許的紅外線及某些波段的無線電波可以到達地表；其他的波段被大氣層吸收，在地表無法觀測，只能在大氣層外觀測。

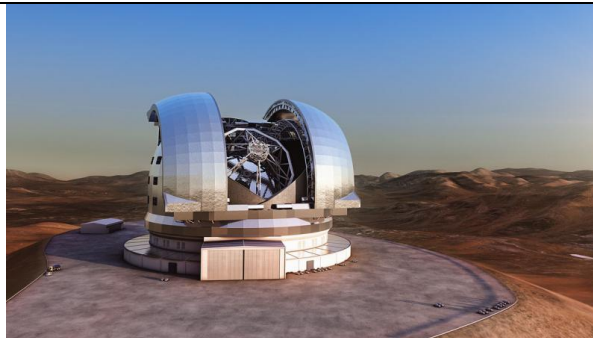
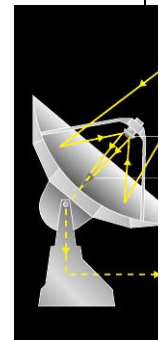


投影光譜波長吸收照片

如果我們想藉天體發出的無線電波來研究該天體，就要使用地面的電波望遠鏡來收集這些無線電波。電波望遠鏡主要包括四部分：碟型發射器；接收器；放大器；紀錄器。電波望遠鏡的原理只要是由碟型反射器把收集來反射聚焦在接收器上，在轉成電子訊號，經放大器將訊號放大後由電腦接收紀錄處理。電波望遠鏡的優點之一是再白天或陰雨時皆可使用這點光學望遠鏡便做不到！另外，電波望遠鏡在單獨使用時解析力較差，不過可將多架排成陣列，由相距甚遠的地點同時觀測，再由特殊方法將資料綜合分析，解析力反而比傳統光學望遠鏡來的高。這就是「陣列」電波望遠鏡的好處。

- 2-2 ➤ **【重點整理】**：

| | |
|-------|--|
| 光學望遠鏡 | 幫助肉眼觀測可見光。 |
| 電波望遠鏡 | <ul style="list-style-type: none"> ①用碟形反射器收集無線電波，聚焦在接收器上，轉成電子訊號，經放大器放大後，再由電腦記錄器處理訊號，轉成影像。 ②可單一使用，亦可多個碟形器排成「陣列」，增加觀測效能。 ③利用電波望遠鏡，在白天、陰天時都可以觀測星象。 |



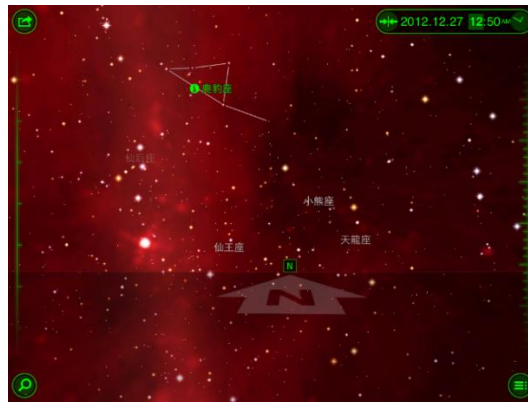
投影射電望遠鏡照片(左)和光學望遠鏡照片(右)

- 2-3 ➤ **【延伸介紹】**：天文望遠鏡的極限解析度取決於望遠鏡的口徑和觀測所用的波長。口徑越大，波長越短，解析度越高。由於無線電波的波長要遠遠大於可見光

圖片

圖片

的波長，因此電波望遠鏡的分辨本領遠遠低於相同口徑的光學望遠鏡，而電波望遠鏡的天線又不能無限做大。這在無線電天文學誕生的初期嚴重阻礙了電波望遠鏡的發展。



IPAD

利用 IPAD Sky walk app 模擬天空中無線電、微波、紅外線、H-a、X 射線和伽馬射線的分布

- **【設問】**：現時你們所看見的望遠鏡是屬於那一類？（顯示教具並嘗試使用望遠鏡作簡單觀測；學生回答：光學望遠鏡）



展示教具折射望遠鏡並使用

望遠鏡

- **【解答】**：這台屬於光學望遠鏡。假如人類想越過大氣層觀測天體，那麼最理想的方法便是把光學望遠鏡送到外太空。

三、大氣層外的觀測

- **【介紹】**：天文望遠鏡除了地面常見的光學望遠鏡及無線電波望遠鏡，太空中也有各種偵測不同波段的望遠鏡，如紅外光望遠鏡、X 射線望遠鏡等，以將各種波段的天體輻射全都攔截下來。在大氣層外的觀測儀器稱為太空望遠鏡，在地球大氣外裝設觀測設施有兩大好處，首先，影像可更為清晰，否則大氣的阻隔會使影像變得模糊；其次，我們可以偵察到那些從恆星和星系而來，卻被大氣層阻擋著的輻射，由於不受大氣層的影響，所有的電磁波段都可以觀測到。太空望遠鏡有很多種類，如 γ 射線望遠鏡、紫外線望遠鏡、X 射線望遠鏡及紅外線望遠鏡等。下表為常見的天文望遠鏡及其主要觀測的星體。

圖片

2-5

4

4

| 種類 | 偵測波長範圍 | 觀測星體 |
|---------|-------------------|---|
| γ射線望遠鏡 | 0.01 奈米以下 | γ射線的來源如超新星、中子星、脈衝星(註1)和黑洞等。γ射線會被大氣層吸收，因此觀測γ射線需要依靠高空氣球或太空中的偵測器。 |
| X射線望遠鏡 | 0.1 ~ 10 奈米 | 輻射X射線的天體包括脈衝星、超新星殘骸(註2)、X射線雙星，以及行星反射來自太陽的X射線等。 |
| 紫外光望遠鏡 | 10 ~ 320 奈米 | 發出紫外光的天體，包括太陽以及其他恆星和星系。 |
| 光學望遠鏡 | 400 ~ 1000 奈米 | 觀測對象為恆星、星雲、星團、星系、行星、星盤等會發光的星體。可見光因容易受大氣擾動影響，巨型光學望遠鏡通常需架設在高海拔地區，以降低大氣擾動現象。 |
| 紅外光望遠鏡 | 1000 奈米 ~ 0.03 公分 | 某些較低溫度、不能輻射可見光但仍能發出紅外光的天體，包括棕矮星、黑暗星雲、紅移星系(註3)等。 |
| 微波望遠鏡 | 0.1公分~ 15公分 | 測量對象包括宇宙微波背景輻射、黑洞等。 |
| 無線電波望遠鏡 | 15公分 ~ 10公里 | 輻射無線電波的天體包括超新星殘骸、脈衝星、類星體(註4)、星際有機分子、宇宙微波背景輻射等。 |

投影各種波段的天文望遠鏡列表

當中為人所熟悉的是哈伯太空望遠鏡，它是 1994 年開始運作，以觀測可見光為主，許多重要的天文物理現象陸續被觀測到而傳回地面，對天文知識的累積貢獻巨大。

- **【短片觀賞】**：播放 Youtube《哈勃深空攝影：人類所拍的最重要的照片》。讓學生在短片中注意哈勃望遠鏡最主要的貢獻是什麼。(學生回答：能拍攝到地球上難以拍攝的深空天體照片，擴大了人類對宇宙的範圍，認知人類的渺小。)
- **【設問】**：哈勃望遠鏡屬於那一國家？中國有沒有太空望遠鏡？(學生思考回答：美國、中國暫時沒有太空望遠鏡)
- **【解答】**：美國。中國還未有太空望遠鏡，但中國未來將會大力發展天文空間科技。下一堂將會深入講解光學望遠鏡的原理。
- **【閱讀資料】**：國務院新聞辦發表《2011 年中國的航天》白皮書。(設問：中國現時有那幾樣天文空間發展項目？學生自由回答。)
- **【閱讀資料】**：《中國神舟載人航天史》(設問：甚麼是空間對接？天宮一號的功用是什麼？學生自由回答。)
- **【總結】**：中國在天文空間的發展上還有很多發展的空間，但在不久的將來，無論是“北斗”、“長征”、“螢火”、“神舟”、“嫦娥”和“天宮”任務，將會取得前所未有的成功。
- **【作業佈置】**：在facebook天文群組上各自發佈一篇中國天文發展相關的文章，目的在於彼此分享中國最新的天文航天資訊。

短片

6

3

課外
資料

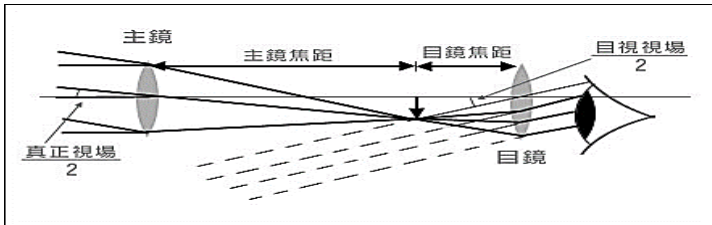

4

3

1

2-6

2-7

| 第二節、望遠鏡的原理（第二課時） | | | |
|------------------|---|-----|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <p>1. 研究教案內容，訂立課程目標。2. 設計教學活動。3. 準備投影片、教具。</p> <p>學生：</p> <p>1. 已習得第一節內容－光的屬性和觀測方法。2. 預習第一章第二節的內容。</p> <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：上一節大家認識了望遠鏡可分為光學望遠鏡和電波望遠鏡，平常生活中我們所使用到的望遠鏡其實是光學望遠鏡，是觀測可見光波段，因此我們可以借此看見色彩豐富的天體照片，以下將會把光學望遠鏡的原理續一介紹，可以分為望遠鏡的結構、種類、優缺點。</p> <p>一、望遠鏡的結構</p> <p>➤ 【介紹】：望遠鏡由多種鏡片組成，觀察時在眼睛前面的鏡片統稱為目鏡，而外來光線進入望遠鏡時接觸到的第一組鏡片統稱為主鏡。望遠鏡有兩項比較重要的資料，分別是口徑和焦距。</p> <p>①口徑：物鏡的直徑大小，口徑愈大，愈能看見更暗的星體。</p> <p>②焦距：可分為主鏡焦距和目鏡焦距。主鏡焦距就主鏡到焦點的距離；目鏡焦距就是焦點到目鏡的距離。</p> | | 1 |
| 3-1 | <p>➤ 【介紹】：望遠鏡由多種鏡片組成，觀察時在眼睛前面的鏡片統稱為目鏡，而外來光線進入望遠鏡時接觸到的第一組鏡片統稱為主鏡。望遠鏡有兩項比較重要的資料，分別是口徑和焦距。</p> <p>①口徑：物鏡的直徑大小，口徑愈大，愈能看見更暗的星體。</p> <p>②焦距：可分為主鏡焦距和目鏡焦距。主鏡焦距就主鏡到焦點的距離；目鏡焦距就是焦點到目鏡的距離。</p> | 望遠鏡 | 5 |
| 3-2 | <p></p> <p>投影望遠鏡的原理照片</p> <p>➤ 【設問】：這兩台望遠鏡哪一台的口徑和主鏡焦距較大？哪一台可以看見比較暗的星體？（顯示教具）。</p> <p></p> <p>展示教具折射望遠鏡(左)、牛頓式反射鏡(右)</p> <p>➤ 【解答】：牛頓式反射鏡口徑較大，而這台折射望遠鏡的焦距較大。</p> | 圖片 | |
| | <p>二、望遠鏡的種類</p> | 望遠鏡 | 2 |

| | | | |
|------------|--|-------------------|-------------------------|
| <p>3-3</p> | <p>➤ 【介紹】：望遠鏡可分為折射式望遠鏡、反射式望遠鏡、折反射式望遠鏡。</p> <p>折射式望遠鏡：一架折射望遠鏡有兩個基本的元件，做為主鏡的凸透鏡和目鏡，折射望遠鏡中的物鏡，將光線折射或偏折到鏡子的後端。折射可以將平行於主光軸的光線匯聚在焦點上，不是平行的光線則匯聚到焦平面上。這樣可以使遠方的物體看得更亮、更清晰和更大。折射望遠鏡有許多不同的像差和變形需要進行不同類型的修正。(教具展示)</p> <p>牛頓式望遠鏡：這種望遠鏡通常利用一個凹的拋物面反射鏡將進入鏡頭的光線彙聚後反射到位於鏡筒前端的一個平面鏡上，然後再由這個平面鏡將光線反射到鏡筒外的目鏡裡，這樣我們便可以觀測到星空的影像。第一架反射式望遠鏡誕生於1668年。最初牛頓遇到了一個難題：當入射光線被凹面鏡會聚之後，會在焦點出形成圖像，此時要如何看到這個圖像呢？牛頓經過多次磨制非球面的透鏡均告失敗後，決定採用球面反射鏡作為主鏡。他用2.5cm直徑的金屬，磨製成一塊凹面反射鏡，並在主鏡的焦點前面放置了一個與主鏡成45度角的反射鏡，使經主鏡反射後的會聚光經反射鏡以90度角反射出鏡筒後到達目鏡。這種系統稱為牛頓式反射望遠鏡。(教具展示)。</p> | <p>4</p> <p>6</p> | <p>折射鏡</p> <p>牛頓反射鏡</p> |
| <p>3-4</p> | <div data-bbox="544 958 932 1249" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="574 1252 904 1288" data-label="Caption"> <p>展示教具牛頓式反射鏡</p> </p> | | |

| | | | | | |
|------------|--|--|--|--------|---|
| | <p>反射式望遠鏡</p> | <p>①天體光線進入望遠鏡時，經凹面鏡反射而成像。 ②反射式望遠鏡的鏡筒短而粗。 ③以牛頓式反射鏡最為典型。</p> | | | |
| | <p>折反射式望遠鏡</p> | <p>①天體光線進入望遠鏡時，經過修正鏡折射後，再由凹面鏡反射而成像。 ②折反射式望遠鏡的鏡筒短而粗。</p> | | | |
| <p>3-6</p> | <p>➤ 【設問】：這兩台分別是屬於何種類型的望遠鏡？我們應該選擇那一類望遠鏡較好？（顯示教具）。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>展示教具折射望遠鏡(左)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>牛頓式反射鏡(右)</p> </div> </div> <p>➤ 【解答】：望遠鏡種類需要多，但並沒有說那一種較有優勢，各有優點和缺點，視乎觀測的天體而定，因此了解各類望遠鏡的優點和缺點是選擇關鍵。</p> <p>三、望遠鏡的優缺點</p> <p>➤ 【介紹】：折射望遠鏡的優點和缺點</p> <p> 折射望遠鏡用透鏡作物鏡的望遠鏡。分為兩種類型：由凹透鏡作目鏡的稱伽利略望遠鏡；由凸透鏡作目鏡的稱開普勒望遠鏡。最早期的設計是由凸透鏡作為主鏡，由於光線穿透不同密度介質時，會產生色差現象，影像嚴重失真，但科技日新月異，色差現象消除已經不是大問題。如以兩片式消色差鏡片為例，一片凸透鏡聚焦，加另一片的凹透鏡，將折射角度過大的顏色光波修正回來，讓所有波長的可見光都盡量聚焦在同一個點，這就是近代最普遍使用的折射望遠鏡消色差技術，兩片物鏡中間常以黏合或空氣間隔設計，但是在中高倍率以上，色差仍然會很明顯，這是因為修正色差的能力有上限，只能盡量修正了紅光與綠光的焦點，所以在一些高反差物體邊緣常出現紫色光暈。後來到了約30年前，更開發出更高級的低色差材質，例如ED玻璃，或是昂貴的螢石，已能把色差降到最低，但價值卻相當昂貴。</p> <p> 折射望遠鏡的成像品質比反射望遠鏡好，視場大，使用方便，易於維護，中小型天文望遠鏡及許多專用儀器多採用折射系統，但大型折射望遠鏡製造起來比反射望遠鏡困難得多。</p> <p>➤ 【重點整理】：折射望遠鏡的優點和缺點</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 85%;">折射式望遠鏡</td> </tr> </table> | | | 折射式望遠鏡 | <p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">5</p> <p style="text-align: center;">折射鏡 圖片</p> |
| | 折射式望遠鏡 | | | | |

3-7

| | | |
|----|--------------------------|---------------------------|
| 優點 | ①封閉式鏡筒，不易入塵 ③光軸較穩定 | ②沒有筒內氣流，較穩定 ④影像結實，反差較高 |
| 缺點 | ①有色差，場曲等像差 ③鏡身較長，不易攜帶 | ②製作難度大，價錢較高 ④物鏡易積分露水 |

➤ **【介紹】**：反射望遠鏡的優點和缺點

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。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，而且反射鏡沒有折射鏡特有的色差問題，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。

牛頓反射式望遠鏡的缺點：大部分反射式鋁膜的反射率都大於 90%，但隨時間會慢慢氧化而反照率會降低。使用時反射式望遠鏡的光軸又因碰撞而容易撞歪，因此要經常作調整才能進入最佳狀態。設計上因為屬於開放式鏡筒，灰塵容易堆積在主鏡上，每隔一段時間就要送廠清洗。在外出觀測時由於溫差關係，有時會因為鏡筒的內外溫差造成筒內氣流干擾，造成高倍率觀察時，產生擾動現象。因此牛頓式望遠鏡比起折射鏡更不易保養和維護。

➤ **【重點整理】**：反射望遠鏡的優點和缺點

| 反射式望遠鏡 | | |
|--------|--|-----------------------------------|
| 優點 | ①沒有色差 ③鏡身較短，較輕 | ②容易自製，價值較低 ④物鏡位於鏡筒底部，不易積露水 |
| 缺點 | ①開放式鏡筒，易積塵 ③長時間主鏡和副鏡需要翻鍍鋁膜 ⑤有副鏡遮擋，令光線繞射，反差較低 | ②有筒內氣流，影響影像穩定 ④需間中調較光軸 ⑥有球差 |

➤ **【介紹】**：折反射望遠鏡的特點

現今的消費者因為空間及攜帶不便的問題為此而煩惱。所以有以上問題者，極為適合使用折反射式天文望遠鏡。最大特色它的主鏡筒短，不佔空間、體積輕巧容易攜帶，但是它的倍率焦距、進光亮，還是與折射式、反射式望遠鏡一樣，不會影響。



投影折反射式望遠鏡照片

反射鏡
圖片

5

圖片

| <p>3-8</p> | <p>➤ 【重點整理】：折反射望遠鏡的優點和缺點</p> <table border="1" data-bbox="204 241 1289 533"> <thead> <tr> <th colspan="2">折反射式望遠鏡</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>優點</td> <td>①封閉式鏡筒，不易入塵 ②沒有筒內氣流，較穩定 ③擁有大焦比，適合高倍觀看 ④易攜帶</td> </tr> <tr> <td>缺點</td> <td>①有色差 ②有副鏡遮擋，且比例較大，成像亮度較低 ③星點較粗大 ④反差較低 ⑤前鏡（修正鏡）易積分露水 ⑥有球差</td> </tr> </tbody> </table> <p>➤ 【深入】：從照片中能否發現色差照片、場曲照片、球差照片分別有何特徵？（學生思考回答）。</p> <div data-bbox="529 631 948 1012" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;"><i>投影色差照片</i></p> <p>➤ 【解答】：色差是由於折射率不同，通過透鏡的光線不是於同一點聚焦，結果觀看明亮物體時，會帶有紫色和紅色亮邊。減低色差可用ED、SD、甚至使用螢石為物鏡材料，但價錢非常昂貴。又因為折射望遠鏡的物鏡是透鏡，作用是收集光線，因此反光愈少愈好，適當的鍍膜能夠增加玻璃的透光率，減少反射。</p> | 折反射式望遠鏡 | | 優點 | ①封閉式鏡筒，不易入塵 ②沒有筒內氣流，較穩定 ③擁有大焦比，適合高倍觀看 ④易攜帶 | 缺點 | ①有色差 ②有副鏡遮擋，且比例較大，成像亮度較低 ③星點較粗大 ④反差較低 ⑤前鏡（修正鏡）易積分露水 ⑥有球差 | <p>3</p> <p style="text-align: center;">目 鏡、 圖片</p> |
|------------|--|-------------------|--|----|---|----|---|---|
| 折反射式望遠鏡 | | | | | | | | |
| 優點 | ①封閉式鏡筒，不易入塵 ②沒有筒內氣流，較穩定 ③擁有大焦比，適合高倍觀看 ④易攜帶 | | | | | | | |
| 缺點 | ①有色差 ②有副鏡遮擋，且比例較大，成像亮度較低 ③星點較粗大 ④反差較低 ⑤前鏡（修正鏡）易積分露水 ⑥有球差 | | | | | | | |
| <p>3-9</p> | <div data-bbox="306 1312 1174 1581" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;"><i>投影鍍膜照片(左)和螢石照片(右)</i></p> <p>➤ 【引導】：雖然望遠鏡又很多種類，不過最大的缺點是機動性不足，同學們你認為如何解決這個問題？學生思考、討論解決方法。</p> <p>➤ 【總結】：大家可能忘記了雙筒望遠鏡也是觀看星空的工具！其實望遠鏡種類頗多，各有各優點和缺點，在乎你所觀看的目標而定，天文觀測並不是要追求高價高等級的望遠鏡，雙筒望遠鏡也可以觀測到非常漂亮的星體，而且非常有機動性，適宜戶外使用。下一堂我們將會簡單了解雙筒望遠鏡的原理，並且深入了解望遠鏡的效能，比較同類望遠鏡各口徑大小不一的望遠鏡，使同學們可以學會品評望遠鏡！</p> | <p>2</p> <p>2</p> | | | | | | |

| 第二節、望遠鏡的原理 (第三課時) | | | |
|-------------------|--|-------|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究教案內容，訂立課程目標。 2. 設計教學活動。 3. 準備投影片、教具、軟件。 <p>學生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 已習得第一節的內容和第二節望遠鏡的種類。 2. 預習第一章第二節的內容－雙筒望遠鏡和望遠鏡的功能。 <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：上一堂我們了解到光學望遠鏡種類多，各有特色，但是共同的缺點是非常笨重，對於戶外觀星非常不方便，機動性太低。也有人認為，一提到天文望遠鏡，立刻就想到一隻體型笨重、圓滾滾的單筒望遠鏡加上腳架。看星星一定要用這種天文望遠鏡才看的清楚，或者一定要高倍率才能做天文觀測，其實這些都是不正確的觀念，雙筒望遠鏡與單筒天文望遠鏡的功能是不同的，並不是買不起大型望遠鏡或是入門者才用雙筒望遠鏡，即使擁有多年的觀測經驗，就算擁有天文望遠鏡，仍然需要隨身攜帶雙筒望遠鏡輔助。在天文觀測上，雙筒望遠鏡是屬於基本儀器之一，有心想觀星的，至少先學會使用雙筒望遠鏡尋星，再來學習單筒天文望遠鏡的使用。</p> <p>一、雙筒望遠鏡的原理</p> | | 1 |
| 4-1 | <p>➤ 【介紹】：透過雙筒望遠鏡不只可以觀看球賽、賞鳥，也可以用來欣賞新月時的月面照，搜尋隱藏於星座中的星雲、星團，甚至幾個較亮的星系。雙筒望遠鏡小巧輕便、易用、方便攜帶。不僅白天可以欣賞風景，晚上還可以用於觀賞星空，而且不必費很大力氣架設儀器。很多人以為單筒望遠鏡是初學者窺探星空奧祕的最好武器，其實雙筒望遠鏡才是入門的最佳工具。如果您不想花費太多的錢，又想認識星空、探險宇宙，雙筒望遠鏡是不錯的選擇。</p> | 雙筒望遠鏡 | 2 |
| 4-2 | <p>➤ 【設問】：在雙筒望遠鏡中有這樣的數字：10X50，你們猜猜這是什麼意思？學生思考。(展示教具)。</p> | | |



展示教具10x50雙筒望遠鏡

4-3

- **【解答】**：雙筒望遠鏡上標明的這組數字，比如7x50，第一個數字7指的是這支望遠鏡的倍率，也就是會讓觀看的每一樣物件拉近7倍的距離。例如用這支雙筒望遠鏡看遠在3500公尺的目標，其大小就好像我們用肉眼看到500公尺前的目標一樣。第二個數字'50'指的是這支望遠鏡的口徑，以毫米為單位。口徑越大，不但蒐集的星光越多，還會提高解析能力。而天文用途的望遠鏡其口徑應該至少要40mm。

雙筒望遠鏡

3

4-4

- 你可能認為天文用途的雙筒望遠鏡高倍率是必要的，其實不然。適合手持的望遠鏡通常介於7倍和10倍之間。相同口徑的望遠鏡，倍率較低的機型手持時影像較少晃動，通常也有較廣的視野。倍率較高的機型雖然景物變大，但由於視場變小的緣故，星空的背景看起來會稍暗一些。不過相對地用來觀看月表及星團時亮度會高一些，而且對暗星體的觀測也有助益。此外，倍率高，手持不易，造成影像晃動厲害，也許會削弱搜尋目標成像的清晰度。此時最好使用三角架固定。倍率太高除了上述的情形外，還要考慮出射光瞳的直徑—「出射瞳徑」的問題。而且高倍率的機型「良視距」也較短，會造成戴眼鏡進行觀測的不便。通常7x50的機型一直被認為是天文用最佳的雙筒望遠鏡。

雙筒望遠鏡

4

- **【延伸學習】**：關於雙筒望遠鏡，有兩項效能要注意的：一是「出射瞳徑」；二是「良視距」。

「出射瞳徑」：當光線從雙筒望遠鏡的物鏡射入，最後從目鏡射出。出射光瞳的直徑我們稱作「出射瞳徑」。我們如何看雙筒望遠鏡的出射瞳徑的大小呢？我們把雙筒望遠鏡朝向亮的地方，拿正後看接眼目鏡的中央亮圈，這亮圓的直徑就是出射光瞳的直徑，也就是出射瞳徑。我們也可以用口徑除以倍率來算「出射瞳徑」。出射瞳徑 (mm) = 口徑 (mm) / 倍率。例如：7x50的雙筒望遠鏡就有7.1mm的出射瞳徑。那麼同學們，我手上這一台雙筒望遠鏡出射瞳徑是多少？（展示教具）。



展示教具10x70雙筒望遠鏡

也許你會納悶為什麼常被推薦用於天文的雙筒望遠鏡都是7mm。這是由於在較暗的地方，眼睛的瞳孔會張大，以便於在這黑暗的環境中蒐集光的訊息，助於了解四周的潛在的危機。一般人眼的瞳孔可以開至7mm。因此將夜間用的雙筒望遠鏡的出射瞳徑設計為7mm是最為理想。如此不但不浪費雙筒望遠鏡所蒐集的光線，也充分利用到人的眼睛，讓雙眼的集光力發揮到最大效用。

可是當人老了的時候，眼睛的瞳孔就無法張那麼開了。40歲之後，人的最大瞳孔已經降至5mm左右。這時年紀大一點的人若使用出射瞳徑7mm的雙筒望遠鏡，當7mm的出射光瞳來到眼睛，有一部份的光便無法進入瞳孔，就會浪費已經收集到的光。所以年紀大一點的人較好的選擇是出射瞳徑介於6mm到5mm之間的雙筒望遠鏡。

「良視距」：良視距是指眼睛至少要距離多遠才能看清楚整個視野範圍。也就是當我們能看到雙筒內的全部視野時，眼睛距離目鏡表面最遠的距離。雙筒望遠鏡如果有較長的良視距，觀賞景物時會較舒適。如果用短良視距（比如8mm）的雙筒望遠鏡觀看景物，除了目鏡容易沾到睫毛上的油脂外，由於眼睛必須相當貼近目鏡才能看清楚所有的視野，長時間觀看下來也會造成壓迫感，讓人覺得不舒服。

對近視眼的人來說，選擇較長的良視距更是重要。雖然我們可以拿下眼鏡，利用雙筒的調焦系統補償我們眼睛的度數，但是眼睛若有散光，仍須靠眼鏡校正，如此才有清晰的影像。即使沒有散光，戴上眼鏡能清楚地觀看夜空，知道目標的方向，便能很快地切換至雙筒的視野。良視距常因目鏡設計的不同而有所變化。通常倍率愈高的雙筒望遠鏡，其良視距愈短。而且廣角雙筒望遠鏡的良視距比一般雙筒望遠鏡的良視距來得短。

二、雙筒望遠鏡的種類

- **【介紹】**：從雙筒望遠鏡外觀上，我們可以直接區分出屋脊稜鏡和普羅稜鏡。（講解教具）

屋脊稜鏡
和普羅稜鏡

3

4-5



展示教具普羅稜鏡(左)和屋脊稜鏡(右)

屋脊稜鏡和普羅稜鏡在雙筒望遠鏡外觀上就有明顯的不同。屬屋脊稜鏡的雙筒望遠鏡，其外觀是直筒型；屬普羅稜鏡的雙筒望遠鏡，外觀看起來像是N字型或Z字形，並且兩物鏡間的距離比兩接目鏡間的距離遠。

一般常看到的組合稜鏡是普羅稜鏡。由於這系列較容易製造，因此價格上也比較便宜，不過重量比較重。而屋脊稜鏡，由於兩個稜鏡必須相當靠近，讓通過物鏡和目鏡的光路呈一直線，所以精密度的要求比較高，也比較難製造。相對的價格也比較高。不過設計的好的屋脊稜鏡光學成像只和普羅稜鏡一樣，也沒有比較好，但是屋脊稜鏡結構較為密實，重量比較輕。不論是普羅稜鏡或是屋脊稜鏡，雙筒望遠鏡的這一組合稜鏡，其最終目的就是將光線做一連串的折射，讓最後從目鏡出去的光所建構出來的像成為正立像。

➤ **【重點整理】：**

| 種類 | 優點 | 缺點 |
|------|----------|----|
| 屋脊稜鏡 | 較輕，影像較結實 | 較貴 |
| 普羅稜鏡 | 較便宜 | 較重 |

➤ **【學生操作】：**讓學生觀察某一目標，比較兩種雙筒望遠鏡的重量、外型和觀測效果。並分別在學生手冊上紀錄這兩台望遠鏡的口徑、放大倍率、出射瞳徑。

三、天文望遠鏡的光學效能

➤ **【介紹】：**回到天文望遠鏡部分，如何判斷一台望遠鏡的質量？就必須要首先認識一些重要的光學效能。包括：**有效口徑、焦距、焦比、放大率、聚光力、極限星等、解像力。**

➤ **【重點整理】：**

4-6

8-2

3

3

望遠鏡

8

| | | | | |
|-----|---------|--|------|------------|
| 5-3 | 有效口徑 | 在望遠鏡裡，實際上能讓光通過或讓光反射的主鏡直徑大小，稱為有效口徑。口徑是一部望遠鏡的一切根本，它決定了望遠鏡能看到的最暗星體及最細微結構，所以口徑是愈大愈好。口徑通常以mm計算。 | | |
| 5-4 | 焦距 | 光線從主鏡處到聚焦成像處的長度稱為焦距，以mm為單位。焦距跟天體的影像大小有關，焦距長，天體的投影就大。焦距也影響了望遠鏡可看的倍數。 | | |
| 5-1 | 焦比 | 把主鏡焦距除以主鏡口徑就是焦比 $F = \frac{\text{物鏡的焦距}}{\text{物鏡的口徑}}$ ，又稱為F值。其實焦比就是照相機鏡頭的光圈值。例如：口徑70mm、焦距560mm的望遠鏡，焦比就是 $F=560 \div 70=8$ 。口徑大、焦距短則焦比就小，影像會比較亮；反之則焦比大，影像較暗。焦比對天文攝影影響距大，是天文攝影家選擇天文望遠鏡的重要考量之一。大焦比望遠鏡容易獲取高倍率，因此適合觀看月球、行星；小焦比望遠鏡適合觀看星雲、星團。 | | |
| 5-2 | 放大率 | 把主鏡焦距除以目鏡焦距就得到倍數。「倍率」= $\frac{\text{物鏡的焦距}}{\text{目鏡的焦距}}$ 例如：焦距560mm的望遠鏡，用25mm的目鏡，倍數是 $560 \div 25=22.4$ (倍)；用14mm的目鏡則有40倍。目鏡的焦距愈短，倍數就愈高。但並不是可以無限制地提高倍數，口徑大小(mm)的0.14倍是最低有效倍數，口徑的2倍是最高有效倍數。 | | |
| | 聚光力 | 簡單地說，集光力就是望遠鏡收集光線的能力，比較的標準是人眼的瞳孔。人眼瞳孔最大時，直徑約7mm，把望遠鏡主鏡的口徑平方除以瞳孔直徑的平方就得到集光力。例如：口徑70mm的望遠鏡，它的集光力就是 $70 \times 70 \div 7 \times 7=100$ (倍)。口徑愈大，集光力就愈強，也就能看到更暗淡的天體。 | | |
| | 極限星等(M) | 望遠鏡所能看到最暗的星等稱為極限星等。肉眼在黑暗、空氣透明的場合可以看到六等星，而口徑70mm的望遠鏡的集光力是肉眼的100倍，它就能看到比6等星再暗5等的11等星。望遠鏡的口徑遠大於肉眼，自然能看到更暗的星等。極限星等的計算公式是 $M=1.77+5\log D$ 。例如：口徑70mm的望遠鏡，極限星等是 $M=1.77+5\log 70=11$ (等)。(關於星等的概念，我們將會有第二章加以介紹) | 自編教材 | 1 3 |

解像力

望遠鏡的倍數愈大，看到的影像也會愈大，但影像變大不見得就能看清楚。望遠鏡能力範圍內所能看到最清楚的細部，就稱為解像力。解析力 = $\frac{116\text{角秒}}{\text{物鏡口徑(mm)}}$ 。
所以口徑116mm的望遠鏡剛好可以分辨相距1"的細部，再靠近就無法分辨清楚了，倍數再大都一樣。

- **【設問】**：這麼多的光學效能中，那一項的效能你認為最重要？（學生思考回答：集光力／口徑）。
- **【解答】**：口徑的大小是決定望遠鏡的光學效能最重要的數據，以下比較不同口徑望遠鏡的效能。（讓同學打開教材第一章第二節以下表格）

| 口徑 (吋) | 口徑 (毫米) | 最暗可達星等 | 最佳解像力 | 最高可用倍數 |
|--------|---------|--------|-------|--------|
| 2.4 | 60 | 11.6 | 2.00" | 120x |
| 3.1 | 80 | 12.2 | 1.50" | 160x |
| 4 | 100 | 12.7 | 1.20" | 200x |
| 5 | 125 | 13.2 | 0.95" | 250x |
| 6 | 150 | 13.6 | 0.80" | 300x |
| 8 | 200 | 14.2 | 0.65" | 400x |

投影各口徑望遠鏡的效能表。

| 口徑 | 3公分 | 5公分 | 8公分 | 10公分 | 15公分 | 20公分 |
|----|----------------|------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|
| 月球 | 海、山脈、大環形山、明亮條紋 | 小環形山 | 海的起伏狀態 | 相當詳細的高低起伏狀態 | 大望遠鏡拍攝的景物均能看見 | 可做研究 |
| 水星 | 位置 | 位置 | 可見眉月形 | 可見眉月形 | 可見眉月至凸月的變化 | 可以觀察盈虧的變化 |
| 金星 | 位置與接近時的眉月 | 半圓形至眉月形的變化 | 可以觀察盈虧的變化 | 可以觀察盈虧的變化 | 表面的暗淡斑紋 | 表面的暗淡斑紋 |
| 火星 | 接近時的圓盤狀 | 冬季的極冠 | 很大的暗斑 | 比較大的暗斑 | 暗斑與明顯的條紋 | 微細的條紋與極冠變化 |
| 木星 | 明顯的暗帶與四大衛星 | 明顯的暗帶與四大衛星 | 大紅斑，有時可見暗帶的詳細構造 | 大紅斑，有時可見暗帶的詳細構造 | 大紅斑與表面環帶的詳細構造 | 大紅斑與表面環帶的詳細構造 |
| 土星 | 光環 | 光環與衛 | 光環與衛 | 卡西尼環 | 可見表面大 | 可見到大 |

圖片

IPAD

3

8-1

星泰坦

星泰坦

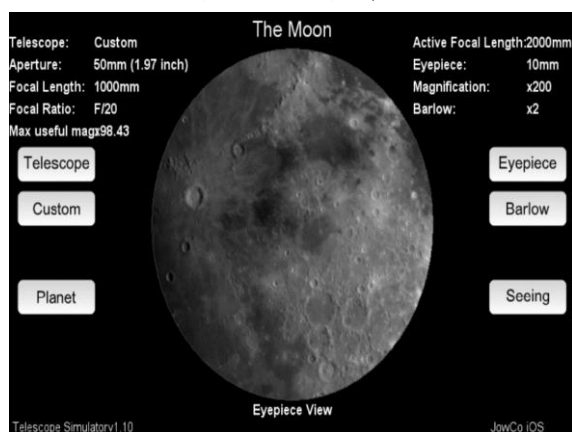
縫

斑紋

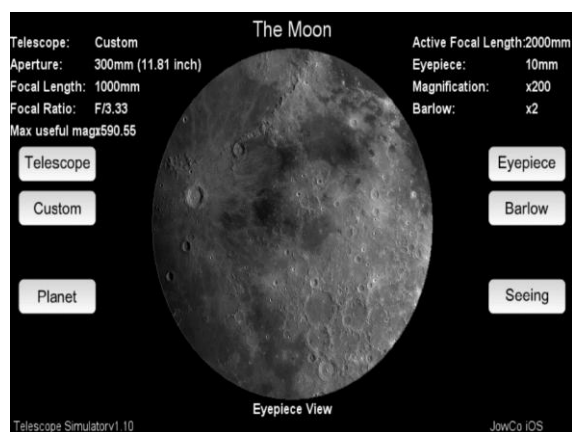
部份的斑紋

四、天文望遠鏡的光學效能模擬應用

- **【介紹】**（以下將會利用IPAD Telescope Simulator講解）：同學們，你們看到這張照片是一個模擬望遠鏡觀測的APPS，現在是由一台望遠鏡底下所看到的月球表面，Aperture(口徑)是50mm，物鏡焦距是1000mm，增倍鏡x2倍，目鏡10mm，因此放大倍率是 $1000/10 \times 2 = 200$ 倍，因此這是放大了200倍後的月球表面，你們可以清楚看見月海和環形山，但效果和清晰度較差，已經不能再放大了，200倍的放大倍率已經超出了這支望遠鏡的極限。



如果把望遠鏡的口徑由50mm增大到300mm，會發現月球表面的月海和環形山等地形特徵會更加清晰，還有很多空間增加放大倍率，300mm口徑的望遠鏡最大可以放大600倍！所以望遠鏡的口徑大小是決定性的關鍵。

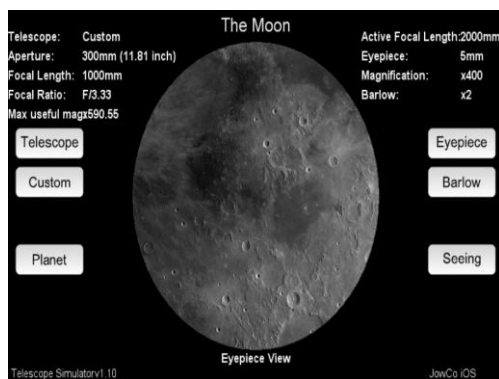


那麼，望遠鏡的口徑和物鏡焦距是固定的，如果要增加放大倍率要如何做？（學生思考回答：更換焦距更短的目鏡）

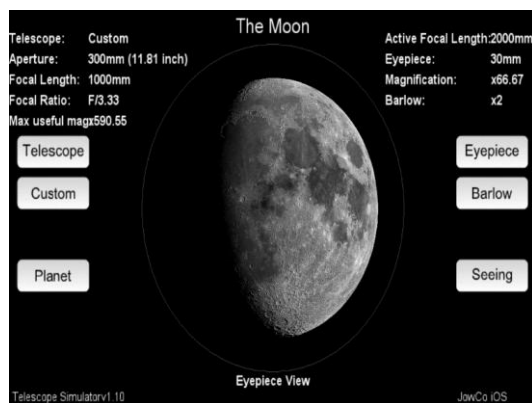
- **【設問】**：如果我更換成一支5mm短焦距的目鏡，看見的影像會放大多少倍？（學生回答： $1000/5 \times 2 = 400$ 倍）
- **【解答】**：沒錯，口徑300mm望遠鏡在400倍放大下可以看見更多細緻的月面地形卻不會模糊。

IPAD

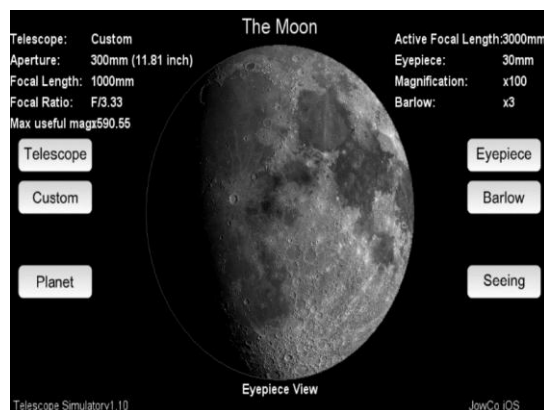
- **【設問】**：除了更換短焦距的目鏡之外，還可以有何方法增加放大倍率？
（學生思考回答）



- **【解答】**：可以額外使用增倍鏡（巴羅鏡）或使用更高倍數的增倍鏡。如左圖使用一支x2倍增倍鏡，右圖使用一支x3倍增倍鏡，也可以把放大倍率增大。左： $1000/30 \times 2 = 66.67$ 。右： $1000/30 \times 3 = 100$ 。



X2巴羅鏡（67倍放大倍率）



X3巴羅鏡（100倍放大倍率）

- **【學生操作】**：同學們嘗試在口徑（aperture）、物鏡焦距（focal length）、目鏡焦距（eyepiece）和巴羅鏡（barlow）的選項上，分別輸入喜好的數據，看看有什麼效果？（學生使用IPAD自主探索，運用所學的效能參數應用於望遠鏡模擬操作中）。

五、天文望遠鏡的台架

IPAD

經緯儀和

1

6-2

- **【設問】**：同學們當你們觀測星星的時候，因為地球自轉的關係，星星相對地會移動的，當我們長時間觀測天體時，要不斷地調整望遠鏡的位置，這不是非常麻煩？同學們認為有什麼好方法？
- **【解答】**：地球的自轉軸對著南極或北極點，以一天的時間自西向東自轉一圈，所以天體都是東方升起、西方落下。通常會把望遠鏡架設在經緯儀或赤道儀上。（講解教具）



展示教具經緯儀(左)和赤道儀(右)

| | |
|------------|--|
| 經緯儀 | 有二個微動旋轉裝置，一個可調整左右（經度）轉動，一個可調整上下（緯度）轉動。使望遠鏡可上下左右移動，尋找、定位星星。 |
|------------|--|

赤道儀上有一固定軸，也是對著北極點，這個固定軸稱為極軸。極軸就等同於地球的自轉軸，繞著極軸旋轉就等於是縮小的地球了。因此，如果赤道儀旋轉方向與地球相反，而且也是一天旋轉一圈，那麼赤道儀就能一直跟著天體運動，天體也就能一直保持在望遠鏡的視野內了。

| | |
|------------|--|
| 赤道儀 | <p>①先將極軸（即旋轉軸）對準天極，使極軸與地軸平行。（在北半球，就是將極軸對準正北，再調整極軸的仰角等於觀測地的緯度。）</p> <p>②利用極軸中的同步馬達（GOTO）轉動，抵消因地球自轉所引起的星星移動，追蹤星星，以方便觀察和攝影。</p> |
|------------|--|

- **【總結】**：認識了這麼多的望遠鏡效能，口徑的大小是決定望遠鏡效能的最高標準，因為口徑決定集光力、解像力、極限星等，這些要素皆是決定影像清晰與否和訊息度高低。因此選舉望遠鏡是看其口徑而不是放大多少倍率，一般而言，望遠鏡口徑愈大愈好。不過，以上的討論只考慮望遠鏡本身的限制，而實際使用上，往往大氣及環境的影響更大。下一堂就讓同學親身操作和使用望遠鏡，了解什麼樣的環境才適合觀測，以達到「天時、地利、人和」，天時指天氣，地利指地理環境，人和指望望遠鏡和技術。可見天氣和地理環境比望遠鏡本身和技術更加重要！

赤道儀

1

3

1

| 第三節、望遠鏡的操作與實習 (第四課時) | | | | | | | | | |
|----------------------|---|-----|--|----|---|----|---|-----------|--------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) | | | | | | |
| | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究教案內容，訂立課程目標。 2. 設計教學活動，準備課外資料。 3. 準備投影片、教具、軟件。 <p>學生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 已習得第一、二節的內容。 2. 預習第一章第三節的內容。 <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：上一堂同學已經學會一些重要的光學效能計算，認識望遠鏡的種類和各種優缺點，嘗試首次使用雙筒望遠鏡觀測目標，這堂讓同學們首次學習使用天文望遠鏡，可分為準備、安裝、調整三個主要程序。</p> <p>一、準備操作</p> <p>➤ 【介紹】：首先要先觀測可能影響觀測結果的各種因素，觀測結果好壞並非全取於望遠鏡的光學性能，還有許多因素同樣影響著影像的品質。首先認識野外觀測必須考慮的三個要素：視度、視相和光害。同學們打開教材第一章第二節以下表格。</p> <table border="1" data-bbox="188 1238 1238 1823"> <tr> <td>視度</td> <td>視度：天空透明度。(天氣是觀測星體時最主要的干擾因素) ①雲霧愈多，視度愈差，愈不利觀測。 ②大致上，愈高的地方，視度愈好。</td> </tr> <tr> <td>視相</td> <td>視相：大氣寧靜度、大氣穩定度。 ①大氣若擾動程度愈高，空氣密度愈不均質，視相愈差。 ②大氣擾動會造成星光的偏折，使星光看起來閃爍。 ③高山上空氣稀薄，視相較好。用熱氣球或飛機載送望遠鏡到高空進行觀測，就是為了「視」較好。</td> </tr> <tr> <td>光害</td> <td>光害：人造光源散射到夜空中的大氣，妨害地面對太空的觀測。 遠離都市光害，才容易看到更黯淡的星體。</td> </tr> </table> | 視度 | 視度：天空透明度。(天氣是觀測星體時最主要的干擾因素) ①雲霧愈多，視度愈差，愈不利觀測。 ②大致上，愈高的地方，視度愈好。 | 視相 | 視相：大氣寧靜度、大氣穩定度。 ①大氣若擾動程度愈高，空氣密度愈不均質，視相愈差。 ②大氣擾動會造成星光的偏折，使星光看起來閃爍。 ③高山上空氣稀薄，視相較好。用熱氣球或飛機載送望遠鏡到高空進行觀測，就是為了「視」較好。 | 光害 | 光害：人造光源散射到夜空中的大氣，妨害地面對太空的觀測。 遠離都市光害，才容易看到更黯淡的星體。 | 一系列的望遠鏡配件 | 1 3 |
| 視度 | 視度：天空透明度。(天氣是觀測星體時最主要的干擾因素) ①雲霧愈多，視度愈差，愈不利觀測。 ②大致上，愈高的地方，視度愈好。 | | | | | | | | |
| 視相 | 視相：大氣寧靜度、大氣穩定度。 ①大氣若擾動程度愈高，空氣密度愈不均質，視相愈差。 ②大氣擾動會造成星光的偏折，使星光看起來閃爍。 ③高山上空氣稀薄，視相較好。用熱氣球或飛機載送望遠鏡到高空進行觀測，就是為了「視」較好。 | | | | | | | | |
| 光害 | 光害：人造光源散射到夜空中的大氣，妨害地面對太空的觀測。 遠離都市光害，才容易看到更黯淡的星體。 | | | | | | | | |
| 7-1 8-3 | | 赤道儀 | | | | | | | |
| 7-2 | <p>為了讓觀測更順利，以下有幾樣可能會出現的問題和觀測者要遵守的原則。</p> <p>(1) 包圍著地球的大氣總是在運動著，這種大氣的移動、旋轉，在高倍率下特別會造成不良影像，或許過幾個夜晚之後，觀測的情況會好轉。</p> | | 2 | | | | | | |

- (2) 地球表面的熱氣，也會造成空氣的波動而使得影像扭曲、變形，造成觀測情況會很差。
- (3) 望遠鏡與星體及地平線構成的觀測角對觀測效果的影響很大：若被測星體接近於地平線，目標將會模糊不清。
- (4) 光源的污染：盡可能在無光的環境下使用您的望遠鏡（例如：街燈下、房間燈光下等等），高倍率天文望遠鏡對光線是非常敏感的，在靠近市區，亮光的影響更明顯，似乎許多星星都會在靠近市區的上空消失。
- (5) 月光也可能是影響觀測的另一個因素，刺眼的滿月或明亮的月光會使附近的星星或行星模糊不清，而月亮本身在黑暗與天明之間是最佳觀測狀態。
- (6) 儘量避免從打開窗戶觀測（更不可以透過關閉的窗戶觀測），特別是在寒冷的季節，室內、外溫差大，會使觀測品質最差。
- (7) 天空中堆積的雲層無法穿透觀測，但這此雲會經常移動的。
- (8) 星星閃動是因為空氣的對流所致，這也會影響觀測。
- (9) 切記，在任何情況下，都不要通過尋星鏡或主鏡筒直接觀察太陽，否則會嚴重損傷您的眼睛。

假如我們今次準備「月面觀測」，首先選擇適當地點，查看月球出現時間和方位，架設望遠鏡地點是否穩固，是否受到光害。（學生一起利用手上的自己編教材與老師同步準備和操作，把準備好的項目打勾一見《學生手冊第一章1-3節》）

同學必須選擇出的望遠鏡零件包括：折射式／反射式，追蹤馬達赤道儀／經緯儀，目鏡，稜鏡（正像鏡），平衡重錘，增倍鏡，相機轉接環，電池。

- **【延伸學習】**：（講解教具：不同焦距的目鏡、45°正像鏡、天頂鏡、X3增倍鏡）



展示教具 45°正像鏡和天頂鏡(左)、不同焦距的目鏡(中)、X3 增倍鏡(右)

目鏡：也是天文望遠鏡的主要組成部分，它的主要作用是將由物鏡放大所得的實像再次放大，從而在明視距離處形成一個清晰的虛像；因此它的品質將最後影響到物像的品質。望遠鏡目鏡國際通用規格中，有三種規格，以目鏡插入接眼部的套筒直徑計算，第一種日規為直徑0.96吋，美規有兩種，一為直徑1.25吋，另一種直徑最大的是2吋。目鏡上面標示的數字是該目鏡的焦距，數字越小表示倍率越高，單位是mm，通常20~40mm是低倍率目鏡，10~20mm是中倍率目鏡，10mm以上是高倍率目鏡，通常中低倍率目鏡適合賞鳥與天文用途中的星雲星團觀測，高倍率

目鏡適合觀測月面與行星。

稜鏡（正像鏡）：由於折射鏡產生出的影像是上下倒立的，為了方便觀測會加入正像鏡，正像鏡可分為45°正像鏡和天頂鏡。45°正像鏡——由稜鏡構成，將望遠鏡成像變成爭相，光線出口與光軸夾角為45°。天頂鏡——就是90度反射鏡，看天頂星空方便點，所以叫天頂鏡。

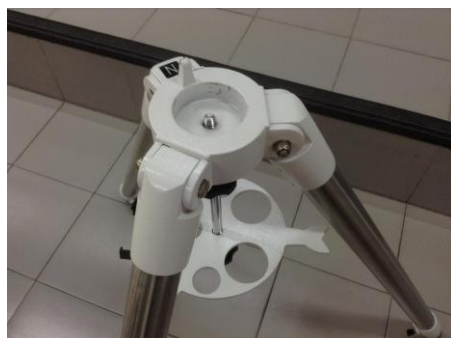
- **【設問】**：稜鏡的構造除了讓影像正立之外，還有什麼好處？學生思考。
- **【解答】**：觀測望遠鏡時，可讓觀測者使用舒服。

增倍鏡：最常用的增倍鏡為巴羅鏡，它在天文學的用法是將巴羅鏡直接安裝在目鏡的前端，由於巴羅鏡的分流而有效的延長主鏡的焦距。由於望遠鏡的放大率是主鏡焦距除以目鏡焦距的商值，因此可以增加影像的放大倍率。天文學上使用的巴羅鏡放大倍率是固定的，最常用的是2X 或 3X，但也有可以調整的。假如有一物鏡焦距為1000mm，目鏡焦距為20mm，安裝2 倍的巴羅鏡後的放大倍率是： $1000/20 \times 2 = 100$ 倍。（要準備的是，望遠鏡並不是倍率愈好愈好，重要是口徑大小，算是倍率極高，口徑小，影像卻是暗淡無光，解像力不高而產生模糊的影像）

二、安裝和調整操作

- **【介紹】**：（現場示範操作）

- (1) 組合三腳架，將三腳架台與三腳架連接好，並將載物台和三角架接好。
- (2) 調整三腳架高度，對準水平後將腳架螺絲鎖緊，粗對正北。



- (3) 將赤道儀與三腳架連接，請注意腳架上卡準必須嵌入極軸水平微調螺絲之間。
- (4) 將赤道儀本體與三腳架台旋緊。



1

3

7-3
8-4
8-5

- (5) 安裝重錘桿、重錘。

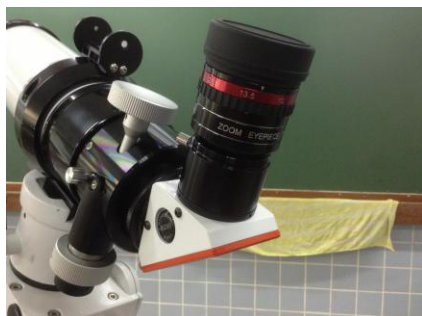


- (6) 安裝主鏡筒、尋星鏡（先利用太陽鏡作試範，因為較輕便）。



安裝太陽鏡(左)、安裝尋星儀功能的尋日器(右)

- (7) 安裝相機或焦距較長的目鏡。



- (8) 進行平衡校正，包括鏡筒及平衡鏈的調整直到平衡為止。



- (9) 尋星鏡平行的調整，先經由目鏡找到遠方一獨立小目標物之後試著調整尋星鏡的固定螺絲使同一目標物成像於尋星鏡之十字中心（此動作最好在天暗之前完成）。

- (10) 極軸對準天北極，藉由極軸望遠鏡來完成。



(11) 裝上微調桿、電池盒、追蹤馬達。



(12) 使用尋星鏡找目標。

(13) 調整焦距。

(14) 啟動追蹤馬達使望遠鏡產生轉動，觀察一段時間並調整馬達轉速盡可能使望遠鏡能和地球自轉同步。

➤ **【延伸學習】**：（現場示範操作）

關於第九點尋星鏡十字線尋鏡的校準的方法：把目鏡接筒上的兩個緊固螺釘鬆開。取出低倍目鏡把它裝到目鏡接筒上，再把螺釘擰緊。調節調焦旋鈕可以獲得對遠處某個物體 A 的模糊影像，再慢慢前後調節調焦旋鈕，直到物像清晰為止。望遠鏡已精確地調好焦距，現在可以用尋星鏡觀測了。如果尋星鏡不在焦距上，就轉動目鏡直到出現清晰的影像。當您在望遠鏡上看到的物體 A 的物像不在尋星鏡地十字線中心時，按如下方法調節：擰緊或鬆開尋星鏡支架上的在介螺釘，使尋星鏡上下，左右工斜方 向移動。當物體 A 的物像出現在十字線的中心時，您的尋星鏡就校好了，最後擰緊三個螺釘。再把低倍目鏡換成高倍目鏡，重複上述程式。如果在最高倍率目鏡下觀察到的像中心，同時也在尋星鏡的十字線中心，您的尋星鏡就調准了。現在可以快速尋找您想觀察的天體了。在極特殊的情況下，尋星鏡可能還需要調節。

三、總結：

- (1) 任何情況下，先用尋星鏡尋找物體，因為尋星鏡的視角更大，這樣可以極大加快您的粗調的速度。
- (2) 一般情況下，先裝低倍目鏡，在逐漸提高您所需要的倍數，當您換目鏡時要進行必要的調焦。
- (3) 不要被您看到的上下、左右顛倒的圖像所困擾，對天文望遠鏡來說這是一個正常情況。

8-6

2

| | |
|--|---|
| <p>(4) 如果望遠鏡第一次拿到戶外置於比室內溫度低的空氣中，須過幾分鐘再使用它（因為溫差會使透鏡蒙上霧氣）。15-20分鐘後這個現象會消失。如果您的眼瞼或手指觸到目鏡，要用不起毛的布輕輕的擦拭目鏡，以防出現模糊圖像。大約需要30分鐘您的瞳孔才能放大適應黑暗，因而夜間使用望遠鏡，在半個小時後您能看見暗得多的天體。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 【學生操作】：抽四位學生從安裝到調整操作一次，由學生自行分工，並準確找到目標。 ➤ 【課堂作業】：填寫《望遠鏡的光學效能表》—見《學生手冊第一章 1-3節》 | 1 |
| | 4 |
| | 1 |

四、試教評估、反思及建議

本章教學目標除了知識上讓學生明白天文觀測原理，更強調是學生能學會望遠鏡的操作技能，並讓所學的原理原則加以運動，是重中之重的教學目標。因此需用四個課時把望遠鏡的原理拆解成多個小節，並額外使用一時節進行實際操作和一次校內攤位講解，為今章學生總體學習成效最終評估手段。

本次使用「版圖繪畫」、「電腦投影片」、「IPAD」和「教具」相互交替教學，學生基本上能借版圖簡單明白重點知識，並加以筆錄，再使用投影片配合以作補充。然而版圖—電腦投影之間的操作上、技術上和連續性上仍有待改善，在我校有限的資源和硬件設計上仍然有很多需要改進的空間，特別是版圖繪畫與電腦投影交替教學。「IPAD」和「教具」的使用上能產生互補長短的效果，「教具」未能展示到的效果可以由 IPAD 的教學軟件作出模擬操作和即時投影展示，也是未來媒體教學上另一條新的出路。

安排教學重點「望遠鏡的種類和優缺點」的教學活動，除了講授法之外，還需要展示出更多的教具教材，包括一系列望遠鏡配件，運用直觀教具、操作教具等方法，對於解決具體形象和抽象思維的中學生的有極為重要的作用。試教發現同學只能個別說出望遠鏡的優缺點和原理，但並未能深入比較和理解「互補所短，相益所長」的道理，單靠讓學生直觀和操作教具，並不能加深學生對不同望遠鏡種類之間的差異比較，將來重新進行這節課的時候，應該抽時間說明，並給予更多相片實例，加強教具「比較」的功能。

安排教學難點「望遠鏡效能參數的應用」時，學生因對內容會較難掌握，首次嘗試使用 IPAD 即時教學，把抽象難懂的物理概念轉變成簡單易懂的影像，能比較各種望遠鏡的性能差異，從中把內容更形象化，讓學生依不同情境調整數據並親自操作是其最大的優點，把複雜的物理原理以形像的方式即時呈現，更具體地展示了不同的效能參數如何影響望遠鏡的使用和觀測，學生一方面能更具體應用所學的複雜知識，另一方面可以解決「天氣差，難觀測」的問題，把觀測目標

由現場轉向數位模擬。課堂時學生的確能更易理解和應用複雜概念，增加趣味性，大部份學生能回答望遠鏡的口徑重要性，說出口徑大小對望遠鏡的影響，能清楚說明增加倍率的方法和計算方式，成效相當顯著，不過要注意一點，使用 IPAD 進行師生互動時老師需要更多悉心指導，控制操作時間。最後進行望遠鏡的實際操作時把所學的知識運用，為學生定下操作目標。

在評量方面，填寫「學生手冊」、能「操作望遠鏡」為本節最重要的評量方式，要求學生把所學到的知識重點和專業名詞填寫在學生手冊的空格內，老師作出適當的指導後所有學生均能順利完成。經過四小時節的課堂講解和操作教學後，學生還需要不斷作多次練習和老師的細心指導，最後都能通過操作考核，且非常積極發現問題，也意外地發現部份學生培養了對天文觀測的興趣。至於日後的教學目標，可嘗試加入更高層次的「講解與教授技能」，要求學生把所學到一系列的操作技能傳承給另一位同學，並即時解答同學的疑問，以達傳承的目標。

本教學採取是大量照片、教具展示、多媒體教學軟件應用，讓學生在課堂上習得基本知識，並即場教學操作，之後再有實習操作課鞏固已學知識，最後由攤位講解發揮和傳承所學知識。強調把知識借助教具和多媒體軟件化繁為簡，與師生有更多的互動性，學生有更多主導性，達到學生把知識內化。舉辦校內講解會提升學生對學科的凝聚力，深化對母校的歸屬感，同儕相互協助、學習，加強情感教育，增加對知識掌握、技能操作的成功感，培養學生對天文觀測的興趣和好奇心，但還是有幾項值得建議的地方。

在「軟件」方面，教學過程應該由教師的主導，學生為主體的師生互動關係，這樣才可以充分提升教學質量，掌握教學時間，發揮學生潛能。課堂中老師必須加入提問，目的是引發學生的思考，特別是有相互關聯性的知識點，老師必須有適當的引導，學生才可完全掌握。事實上，學生得到幫助、指導、解惑是能增加對學科的興趣和學習的決心。利用 IPAD 進行望遠鏡效能應用教學時，如果讓學生自行操作 IPAD 相信可以提升學生的好奇心和趣味，資源許可時建議每組使用

一部 IPAD，學生可以自由設計望遠鏡效能參數，相信能大幅度提升課堂的氣氛，甚至進行比賽。

在「硬件」方面，學校條件許可下購入更多不同種類的望遠鏡實物，包括更大口徑望遠鏡、不同型式的目鏡，當處理一定數量的學生時，學校可以提供更多望遠鏡供學生使用，但今次進行的望遠鏡操作時遇到硬件不足的問題，四人一組使用一台望遠鏡雖然可以減少老師的工作量，但有部份學生會被忽視，未能充分使用望遠鏡，加上本校的學生望遠鏡並沒有尋星鏡，操作時特別困難，單是尋找星體已經浪費了大量時間，造成操作時間不足，難以提升學生成就感。因此建議應購買具有尋星鏡功能的望遠鏡，並增加望遠鏡的數量，分組人數由四人變為二人一組。

資訊科技對教育的投入更是日新月異，嘗試IPAD教學可以令學習有更多創新、能增大課堂信息量，強化師生互動，讓抽象的「硬知識」轉為具體的形像，如資源許可，學校可提供每位學生一部IPAD，由老師指導下一起同步操作，增加學習的趣味性、學生的主動性和課堂的機動性，讓學生有發揮和探索的空間。

五、成果展示

天文觀測手冊—高中版

聖公會澳門蔡高中學 謝建勛老師自編教材

於尋星鏡之十字中心（此動作最好在天暗之前完成）。

- 極軸對準天北極，藉由極軸望遠鏡來完成。
- 裝上追蹤馬達。
- 使用尋星鏡找目標
- 調整焦距
- 啟動追蹤馬達使望遠鏡產生轉動，觀察一段時間並調整馬達轉速盡可能使望遠鏡能和地球自轉同步。

四 所使用望遠鏡的光學效能

你所使用的望遠鏡是： 折射式 反射式

口徑：70 mm 物鏡焦距：500 mm 焦比：7

你現在所使用的目鏡焦距：20 mm 放大倍率：25 倍

學生作業(一)

天文觀測手冊—高中版

聖公會澳門蔡高中學 謝建勛老師自編教材

於尋星鏡之十字中心（此動作最好在天暗之前完成）。

- 極軸對準天北極，藉由極軸望遠鏡來完成。
- 裝上追蹤馬達。
- 使用尋星鏡找目標
- 調整焦距
- 啟動追蹤馬達使望遠鏡產生轉動，觀察一段時間並調整馬達轉速盡可能使望遠鏡能和地球自轉同步。

四 所使用望遠鏡的光學效能

你所使用的望遠鏡是： 折射式 反射式

口徑：70 mm 物鏡焦距：500 mm 焦比：7.3

你現在所使用的目鏡焦距：20 mm 放大倍率：25 倍

學生作業(二)



2013年10月4日望遠鏡操作實習



2013年12月2日校內望遠鏡展示和學生講解



2013年12月1日校內望遠鏡實習

| 第二章、天球系統和星座觀察 | | (五課時) |
|---------------|--|--|
| 教 | 單元目標 | 具體目標 |
| 學 | 一、認知目標： 1. 了解赤道座標系統 2. 了解地平座標系統 3. 了解歲差 4. 了解星座系統 5. 了解四季星座 | 1-1 能解釋赤道座標系統的功能 1-2 能解釋北天極和北極星的關聯 1-3 能說明赤經、赤緯的劃分方式 1-4 能讀出某天體的赤經、赤緯 2-1 能解釋地平座標系統的功能 2-2 能說明地平圈、天頂、中天的概念 2-3 能說明仰角、方位的概念 2-4 能讀出某天體某時刻的仰角和方位角 3-1 能說明地球的章動過程 3-2 能說明地球的進動過程 3-3 能解釋地球進動對北天極的影響 3-4 能解釋地球進動對春分點的影響 3-5 能解釋地球章動和進動的成因 3-6 能概說地球進動對曆法的影響 4-1 能說明星座的功用 4-2 能解釋星座的原理 4-3 能概述西方星座的起源和劃分 4-4 能概述東方星座的劃分 4-5 能說出自己星座的神話故事 5-1 能說出春夏季判斷北極星的方法 5-2 能說出秋冬季判斷北極星的方法 5-3 能說出春季主要星座和辨星方法 5-4 能說出春季大三角、大鑽石、大弧線 5-5 能說出夏季主要星座和辨星方法 5-6 能說出夏季大三角 5-7 能概述參商故事源由 5-8 能說出秋季主要星座和辨星方法 5-9 能說出秋季四邊形 5-10 能說出冬季主要星座和辨星方法 5-11 能說出冬季大三角、六邊形 |
| 目 | | |
| 標 | | |

| | | |
|------|---|---|
| | <p>6. 了解星體運動</p> <p>7. 了解星座盤</p> <p>二、技能目標：</p> <p>8. 培養辨認星座的能力</p> <p>9. 培養辨認太陽方位的能力</p> <p>10. 培養使用星座盤的能力</p> <p>三、情感目標：</p> <p>11. 培養觀星的樂趣</p> | <p>6-1 能說明天體周日運動的成因</p> <p>6-2 能說明天體周日運動的影響</p> <p>6-3 能解釋不同緯度的星跡差異</p> <p>6-4 能說明天體周年運動的成因</p> <p>6-5 能說明地球四季的成因</p> <p>6-6 能說明地球二分二至晝夜長短變化</p> <p>6-7 能說明公轉運動對太陽直射點的變化</p> <p>6-8 能說出一天中太陽運動的變化</p> <p>6-9 能說出一年中太陽運動的變化</p> <p>6-10 能解釋太陽日和恆星日的差異</p> <p>6-11 能說出黃道十二宮的順序</p> <p>6-12 能說出黃道十二宮的源由</p> <p>6-13 能解釋星座季節變化的成因</p> <p>7-1 能說出星座上、下盤的功能</p> <p>7-2 能說出星座盤的使用方法</p> <p>8-1 能辨認和指出北極星的位置</p> <p>8-2 能辨認和指出四季主要星座的位置</p> <p>8-3 能辨認和指出大三角、四邊形、大弧線、六邊形的位置</p> <p>8-4 能辨認出主要恆星的位置</p> <p>9-1 能辨認和指出一日中太陽日出日落的方位</p> <p>9-2 能辨認和指出二分二至時太陽最高點的位置</p> <p>10-1 能使用星座盤模擬某時刻的星空</p> <p>10-2 能使用星座盤讀取四季星座的方位和仰角</p> <p>11-1 願意分享辨星的方法</p> <p>11-2 願意分享星座神話</p> <p>11-3 願意主動參與觀星活動</p> |
| 教學重點 | <p>1. 判讀天球座標系統，能理解天體的絕對位置和相對位置的應用。</p> <p>2. 了解四季的星座位置和判讀方法。</p> <p>3. 理解周年運動如何影響星座季節性的變化。</p> <p>4. 能使用星座盤。</p> | |

| | |
|------|---|
| 教學難點 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 能說出不同季節的星座名稱、星名、位置。 2. 理解歲差對拱極星、春分點和天文曆法的影響。 3. 了解太陽日和恆星日的差異如何造成星座的季節性變化 4. 能運用星座盤，結合周日運動和周年運動的原理，能在戶外觀星時應用。 |
| 教材研究 | <p>今章的內容主要分成四部份：天球座標系統、星座系統、星體運動原理和星座盤的運用。各部份皆有重點和難點，下列將會論述各部份的教材內容和主要的教學方法和策略，針對難點投放更多元化的教學方法。</p> <p>第一部份天球座標系統對於高中學生來講是一門全部的概念，大多數學過地理科的同學都會接觸到經緯網的概念和應用，而天球座標系統是以天空作為參考點，把座標系統投放在假想的天空，極需要依賴學生的想像力和運用三維空間的能力，對於一些想像力較差的同學，可能只會理解天球的「概念」，並不能把天球的知識加以「應用」，因此單純運用教具如「天球儀」並不能讓學生成功掌握基本的運動技巧，更難以讓學生有更真實地感受天空的座標系統，因此本章的第一部份將會用電腦軟件 Stellarium 模擬星空，並投放天球座標，讓學生親身感受天球的概念，進一步把系統知識運動於日常生活之中，利用軟件更可模擬出天體不同時間的相對位置，只要適當地設定一些問題，老師在旁操作並不斷發問，學生依據老師的問題尋找答案，以設問和解答的教學方法，再配合資訊科技的應用，務求深入淺出，把所教的知識具體化和形象化，增強師生互動，增加學生的好奇心和興趣。</p> <p>第二部份星座系統部份對於學生來講是較有趣的，通過電腦軟件 Stellarium 模擬星座天區、圖片和星座連線，讓學生產生對星座的概念，設定不同時間模擬四季的星空，通過設問的方法增加師生互動。然而教授星座最重要且最困難的部份是讓學生說出不同季節的星座名稱、星名和位置，不只是單靠想像力，還要運用記憶力，背起一些煩瑣的星名和星座天區，這需要學生不斷地練習，為了針對這方面的難點，自編教材中加插了「星座練習」，學生可以動手劃出重要星座的天區和星名。另外，使用 IPAD 的 Star walk 軟件進行學生活動，即時運用 IPAD 由學生操作找出老師所指定的星座或星名，增加師生互動、趣味性和投入程度。</p> <p>第三部份星座的季節性變化內容，學生首先能理解太陽日和恆星日的差異和知識原理，才能深入認識太陽在星座的運動變化和黃道十二宮的原理。太陽日和恆星日的計算上適宜運用板書和板圖，把知識圖像化、簡易化、重點呈現在學生眼前，可以更易理解其運算法則背後的數學原理，再深入到黃道十二宮的季節變化，在講授的過程中可以先運動簡單的投影片說明，再由 IPAD 的三維互動軟件鞏固所學的知識，由老師全手動地操作 IPAD，把講解的流程更人性化，適時解答學生疑問。</p> <p>第四部份星座盤的運動基本上是綜合了以上三部份所學的內容，運用簡單的工具呈現，並應用於戶外觀星。這是這章最重要的綜合評量，講授使用技巧同時學生必須共同使用星座盤，操作過後學生才能加深記憶，並按學習單的題目一邊操作一邊設問和解答，完成題目必須運用前三部份的內容知識包括天球系統、星座系統、星體運動等概念。所以，為了解決難點，會安排一次戶外觀星，同學們可以親身使用星座盤，強調知識的應用。</p> |

| | |
|----------------------------|--|
| <p>教 學 架 構</p> | |
| <p>教學方法</p> | <p>講授、版圖、觀測、討論、設問、引導教學、學習單、師生互動、交互式多媒體應用、教具演示、學生活動</p> |
| <p>教學資源</p> | <p>自編教材和學習單、課外文章、教學媒體包括電腦圖片、電腦軟件、短片、IPAD 和教具</p> |
| <p>教學 評 量</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 認知評量： <ol style="list-style-type: none"> A. 能回答問題 B. 能完成／填寫學生手冊章節內容 2. 技能評量： <ol style="list-style-type: none"> A. 能懂得戶外認星、辨星 B. 能使用星座盤 3. 情感評量： <p>觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等……</p> 4. 綜合評量： <p>舉辦校外觀星活動，地點選擇光害污染較輕的地方如黑沙和龍爪角，讓學生有機會把所學的知識運用到真實情況，能夠學以至用，提升學生興趣和好奇心。過程中觀測學生的參與程度、合作態度、星座盤使用情況、辨星能力、相關知識的認識深度等。</p> |

| 課 前 準 備 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 資訊設備：電腦、投影機、IPAD 2. 應用程式準備：Star walker；Solar walker；Stellarium 3. 投影片準備：赤道座標系統圖、地平座標系統圖、天球系統圖、北極星判星法圖、四季星座圖、星跡圖、不同緯度星跡圖、北極歲差圖、春分歲差圖、赤道座標系統照片、地平座標系統照片、歲差照片 4. 教具設備：天球儀 5. 影片準備：《TheUniverse》 6. 補充教材準備：《星座神話故事》 7. 教材和學習單準備：自編教材《天文觀測學生手冊－高中版》 8. 工作坊所需材料詳見「星座圖工作坊」和「日晷儀工作坊」教案 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--|----|-------------------|---|------|---|----|----|------------|---|----|----|------|---|----|----|--------|---|----|----|-----------|---|----|----|-------------------|---|----|----|--------|---|----|----|--------|
| 課 時 分 配 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 課堂活動共四課時，每課時 40 分鐘。 3. 一次戶外和一次校內觀星實習，每次約 120 分鐘。 4. 一次工作坊：約 60 分鐘。 5. 四課時的重點內容如下： <table border="1" data-bbox="188 913 1479 1305"> <thead> <tr> <th>節次</th> <th>月</th> <th>日</th> <th>教學重點</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>天球系統和星座的源由</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>四季星座</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>11</td> <td>08</td> <td>星座圖工作坊</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>11</td> <td>08</td> <td>周日運動和周年運動</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>11</td> <td>08</td> <td>黃道十二宮、星座的季節變化、星座盤</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>11</td> <td>15</td> <td>戶外觀星實習</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>12</td> <td>01</td> <td>校內觀星實習</td> </tr> </tbody> </table> | 節次 | 月 | 日 | 教學重點 | 1 | 10 | 11 | 天球系統和星座的源由 | 2 | 10 | 11 | 四季星座 | 3 | 11 | 08 | 星座圖工作坊 | 4 | 11 | 08 | 周日運動和周年運動 | 5 | 11 | 08 | 黃道十二宮、星座的季節變化、星座盤 | 6 | 11 | 15 | 戶外觀星實習 | 7 | 12 | 01 | 校內觀星實習 |
| 節次 | 月 | 日 | 教學重點 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 10 | 11 | 天球系統和星座的源由 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 10 | 11 | 四季星座 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 11 | 08 | 星座圖工作坊 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 11 | 08 | 周日運動和周年運動 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 11 | 08 | 黃道十二宮、星座的季節變化、星座盤 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 11 | 15 | 戶外觀星實習 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 12 | 01 | 校內觀星實習 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

一、天球系統和星座觀察教學計劃說明

二、教學時間分配

| 第一課時 (40min)- | | | | | |
|--|--------|-------------------|--------------------|------|--|
| 教學重點：天球系統和星座的源由 | | | | | |
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
| 第二章、 天球和星座的 觀測 第一節、天球 系統 第二節、星座 | 一、天球系統 | 課題引入 | | 2min | 認知評量：能回答 問題；完成學生手 冊章節內容；完成 課後作業 技能評量： 能初步利用天球系 統觀測和說出星體 的位置 情感評量：觀測學 生的表現行為、投 入程度、好奇心、 合作態度、創新 等…… |
| | | 介紹天球系統 | 圖片和天球儀 | 2min | |
| | | 介紹赤道座標系 統和重點整理 | 電腦軟件 Stellarium | 5min | |
| | | 學生活動 | | 1min | |
| | | 介紹地平座標系 統和重點整理 | | 5min | |
| | | 設問和解答 | | 2min | |
| | | 延伸講解歲差的 成因 | | 4min | |
| | 介紹星座源由 | 3min | | | |
| | 二、四季星座 | 學生活動 | | 6min | |
| | | 設問和解答 | | 1min | |
| | | 延伸講解中國星 宮 | | 3min | |
| | | 影片欣賞 | 《TheUniverse》 | 5min | |
| | | 總結、學生發問和作業佈置 | | | |

| 第二課時 (40min) | | | | | |
|--------------------------------|--------------|---------|--------------------|------------------------------|---|
| 教學重點：四季星座 | | | | | |
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
| 第二章、 天球和星座的 觀測 第二節、星座 | 二、四季星座 | 課題引入 | | 1min | 認知評量：能回答問題；完成學生手冊章節內容；完成課後作業 技能評量：能判斷、指出、說出星座的名稱、位置和星名 情感評量：觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等…… |
| | | 北極星的判斷 | 電腦軟件 Stellarium | 4min | |
| | | 設問與解答 | | 3min | |
| | | 學生活動 | | 1min | |
| | | 春季星座的介紹 | | 6min | |
| | | 夏季星座的介紹 | | 7min | |
| | | 秋季星座的介紹 | | 5min | |
| | | 冬季星座的介紹 | | 6min | |
| | | 學生活動 | | IPAD (<i>Star Walk</i>) | |
| | 總結、學生發問和作業佈置 | | 1min | | |

第三課時 (40min)

教學重點：周日運動和周年運動

| 內容 | | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 |
|--------------------------------------|--------------|---------|------------------------------|------|--|
| 第二章、 天球和星座的 觀測 第三節、星體 運動 | 一、周日運動 | 課題引入 | | 1min | 認知評量：能回答 問題；完成學生手 冊章節內容；完成 課後作業 情感評量：觀測學 生的表現行為、投 入程度、好奇心、 合作態度、創新 等…… |
| | | 周日運動的成因 | 電腦軟件 Stellarium | 3min | |
| | | 星跡的介紹 | 圖片、電腦軟件 Stellarium | 3min | |
| | | 不同緯度的星跡 | 電腦軟件 Stellarium | 6min | |
| | | 北極星的探究 | 圖片、電腦軟件 Stellarium | 3min | |
| | 二、周年運動 | 地球公轉的介紹 | IPAD (<i>Star Walk</i>) | 7min | |
| | | 四季交替的原理 | | 8min | |
| | | 太陽運動的介紹 | 圖片、 電腦軟件 Stellarium | 8min | |
| | 總結、學生發問和作業佈置 | | 電腦軟件 Stellarium | 1min | |

第四課時 (40min)

教學重點：黃道十二宮、星座的季節變化、星座盤

| 內容 | | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 |
|--------------------------------------|--------------|----------------|----------------------------------|------|---|
| 第二章、 天球和星座的 觀測 第三節、星體 運動 | 二、周年運動 | 課題引入 | 圖片、電腦軟件 Stellarium | 3min | 認知評量：能回答 問題；完成學生手 冊章節內容；完成 課後作業 技能評量： 能使用星座盤進行 觀星、辨星、認星 情感評量：觀測學 生的表現行為、投 入程度、好奇心、 合作態度、創新 等…… |
| | | 太陽日和恆星日 的介紹 | | 2min | |
| | | 設問和解答 | 圖片 | 7min | |
| | | 黃道十二宮的介 紹 | 圖片、 電腦軟件 Stellarium | 2min | |
| | | 設問和解答 | | 4min | |
| | | 星座季節變化 | | 4min | |
| | | 設問和解答 | | 5min | |
| | | 延伸 | IPAD (<i>Star Walk</i>) | 2min | |
| | | 學生活動 | IPAD (<i>Constellation</i>) | 3min | |
| 堂課佈置 | 自編教材 | 2min | | | |
| 第二章、 天球和星座的觀測 第四節、星座盤 | 星座盤的介紹 | 星座盤 | 2min | | |
| | 星座盤的使用方 法 | | 2min | | |
| | 延伸 | | 1min | | |
| 總結、學生發問和戶外觀星準備 | | | | 1min | |

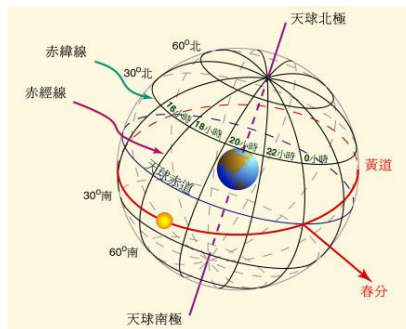
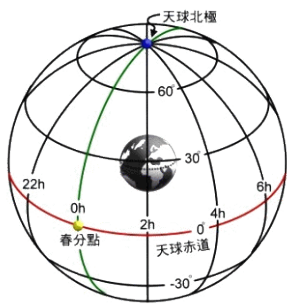
1-1

1-2

1-3

對位置。所以也許我們可以定義一套系統，使得每顆星星或天體在天球上有固定的位置座標。這其中最常被使用的就是「赤道座系統」。首先我們假想地球的赤道從地球球心向外投影出去，因此在天球上我們可以定義一圈相對應的天球赤道。相同地，地球北極所指向的天球位置就是天球北極。而天球南極與天球緯度都可以這樣定義出來。這樣我們就有了一個緯度（南北）方向上的座標。這個座標稱為赤緯。以天球赤道為 0° ，向北向南各分為 $+90^\circ$ 和 -90° 。

在東西方向上，就像地球的經度線一樣，我們也可以在天球上定義經度線，只是我們還要約定一個天球上的位置，做為天球經度的零點，就像我們把通過英國格林威治天文台的經度定義為零度一樣。天球上有一個特別的位置叫春分點，這是春分的時候太陽在天球上的位置。通過春分點的天球經度就定義為零度。我們這樣也就有了東西方向上的座標。這個座標稱為赤經，以春分點為零時，向東繞一圈均分為 24 時，每一時又均分成 60 分，每一分均分成 60 秒。請注意當我們說在天球上「向東」，指的就是地面上的東方。因此在地圖上，北方在上，東方在右，而在星圖上則是北方在上，東方在左。所以在天球赤道座標系統裡，我們用赤經赤緯來標定位置，每一個天體都有它固定的座標。例如織女星是在赤經 18 時 36 分 56.2 秒，赤緯 $+38^\circ 47' 1''$ 。請注意赤經方向上的分和秒與赤緯方向上的分和秒是不同的意思。



投影赤道座標系統圖片和赤道座標與黃道圖片

➤ **【重點整理】**

- ①天上繁星，我們無法直接判斷出那一顆比較近，那一顆比較遠。
- ②無論距離遠近，這些星星看起來像是都分布在很遠的球面上；這個假想的球面，就是「天球面」。
- ③將地球北極向北延伸與天球的交點就是天球北極。
- ④北極星非常靠近天球北極，但並不在天球北極上。
- ⑤地球赤道面向外延伸與天球交集的圓弧就是天球赤道。
- ⑥天球赤道與黃道彼此間夾 23.5° 。

| 赤道座標系統 | |
|----------|--------------------|
| 功用 | 描述星星在天上的絕對位置。 |
| 赤經 (R.A) | ①0h0m0s ~ 24h0m0s。 |

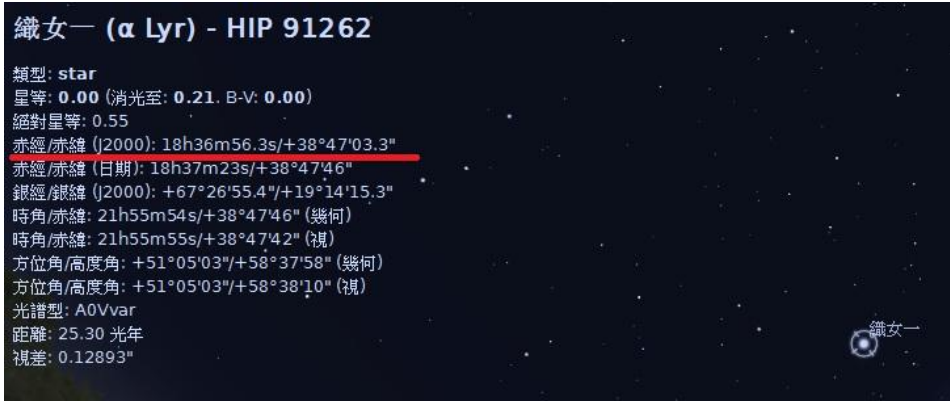
電腦
軟件

3

圖片

2

| | |
|-----------|-----------------------------------|
| | ②黃道與天赤道相交的點為春分點。 ③春分點為 0h0m0s。 |
| 赤緯 (Dec.) | ①天赤道為 0°。 ②向北分為+90°；向南分為-90°。 |



利用電腦軟件 Stellarium 顯示織女星的赤道座標系統



利用電腦軟件 Stellarium 顯示的赤道座標系統

- **【學生活動】**：抽同學嘗試在螢幕中指出天狼星、參宿四、心宿二和北極星的位置和說出其赤經赤緯位置。

三、地平座標系統：

- **【介紹】(電腦軟件 Stellarium 展示)**：我們經常會說在某個方向多高的地方有一個什麼東西在天上，這就是使用了地平座標系統。嚴格來說，我們先找出連接這個目標和我們正頭頂方向（稱為天頂）的一條假想線，這假想線延伸到地平線會有一個交點。我們以這交點的方位來定義目標的方位角。習慣上以正北為 0°方位角，向東方繞一圈共分成 360。所以正東方是 90°，正南方 180°，正西方 270°，以此類推。我們再以這交點和目標的夾角做為高度角，如此一來我們就有了方位角和高度角兩個座標值來指稱目標在天球上的位置了。有時候我們也用目標和天頂間的夾角（稱為天頂距）和方位角來做為這兩個座標。高度角和天頂距加起來永

1-4

2-1

電腦
軟件

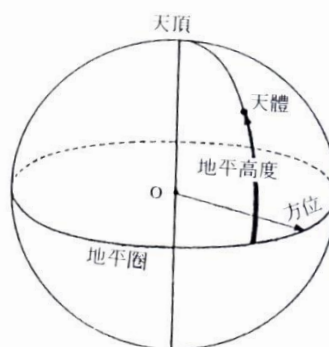
1

3

2-2

遠是 90° 。

也許有人會懷疑這個座標系統好像太天真了。星星們不是都會東升西落嗎？的確，在這個座標系統裡，天體在天球上的位置是會隨時間改變的，而且即使在同一時間，從不同的地點來看，同一顆星的方位角和高度角也是不同的，所以使用地平座標系統應當同時說明時間和地點。這看起來有點麻煩，但是也有它好用的時候。像有些時候，在傍晚的西方天空或者日出前的東方天空，金星會在那閃閃發亮。假如我們用赤經赤緯來說它的位置，我們會很難想得出來什麼時候在那個方向可以看到它。但是假如我們使用地平座標的話，那就方便多了。我們也經常用地平座標來描述一些彗星的位置。



2-3

➤ **【重點整理】**

- ①與地平圈平行的圓稱為緯圈，地平圈就是最大的緯線。
- ②通過天頂和天底的圓稱為經圈，通過正北和正南的經圈稱為「子午線」或「中天」。
- ③觀測者頭頂的位置稱為「天頂」。
- ④愈接近「天頂」和「中天」，星星愈亮。
- ⑤當天體的方位在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 之間→星星正在上升。
- ⑥當天體的方位在 $180^\circ \sim 360^\circ$ 之間→星星正在下降。

圖片

| 地平坐標系統 | |
|--------------|--|
| 功用 | 描述星星在觀測者的相對位置 |
| 地平高度 (仰角) | 地面以上分為 $+90^\circ$ ；地面以下分為 -90° |
| 方位 | ①正北為 0° ②順時針東南西北分別是 90° 、 180° 、 270° 和 360° 。 |

➤ **【設問】**：利用 Stellarium 顯示 2013 年 1 月 1 日 20:00 時的天球座標。

- ①說出天狼星、參宿四、畢宿五的地平座標。
- ②經過兩小時後 (22:00)，說出這三顆星星的地平座標。
- ③兩個小時內，說出這三顆星的方位角和仰角的變化。

➤ **【解答】**：

- ①天狼星 ($115^\circ, 14^\circ$)；參宿四 ($97^\circ, 36^\circ$)；畢宿五 ($94^\circ, 58^\circ$)。
- ②天狼星 ($135^\circ, 37^\circ$)；參宿四 ($120^\circ, 63^\circ$)；畢宿五 ($154^\circ, 83^\circ$)。
- ③天狼星剛剛從地平線升出，而畢宿五將快移到天頂位置，但這三顆星都是東升西落。

2

2-4



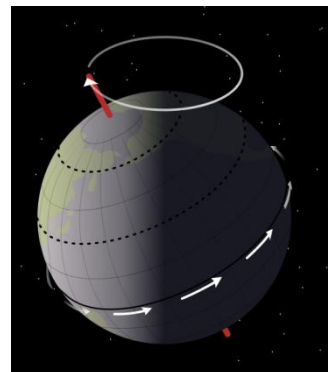
利用電腦軟件 Stellarium 顯示 2013 年 1 月 1 日 20:00 時的地平座標。



利用電腦軟件 Stellarium 顯示 2013 年 1 月 1 日 22:00 時的地平座標。

- **【延伸】**：同學們，你認為赤道座標系統是否永遠不變？（學生思考）
- **【解答】**（利用 Stellarium 解答和陀螺示範）：在外力的作用下，地球的

自轉軸在空間的指向並不保持固定的方向，而是不斷發生變化。其中地軸的長期運動稱為歲差，而週期運動稱為章動和進動。歲差和章動引起天極和春分點位置相對恒星的變化。在兩千多年前，春分點位於白羊座，古代觀星家把春分點所在的星座定為黃道第一星座，即白羊座。事實上，由於歲差的原因，致使春分點沿著黃道不斷緩慢地向西移動（同學注意：這裏的向西移動是指由地平線上向西移動，而星圖上是向右移動），每年約



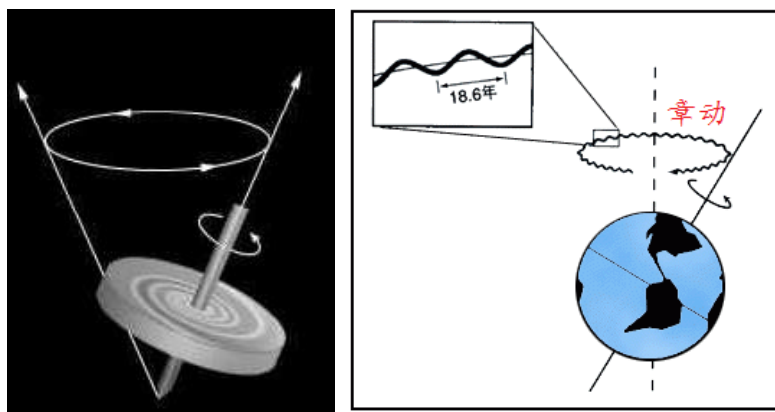
電腦
軟件

2

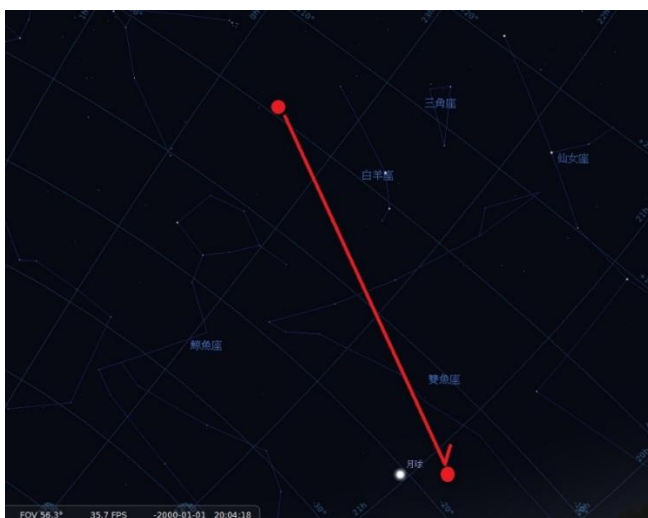
移動 50 角秒。所以，春分點早已經不在白羊座了，現正處於雙魚座 入星的東邊附近。隨著春分點繼續西移，400 多年後，春分點將進入寶瓶座。

地理課常常說夏至時地球位於遠日點，但在將來因為地球的進動影響，使夏至時地位將會位於近日點，太陽的輻射將會更加多。

- **【延伸】**：為何地球會產生進動和章動這種運動？（學生思考）
- **【解答】**：月球和太陽引力的外力作用影響。



投影陀螺進動圖片和地球章動圖片



利用 Stellarium 顯出 2000 年前和現在春分點的位置（赤經 0 時 0 分 0 秒，赤緯 0°）的位置。由白羊座移向雙魚座

第二節、星座

一、星座源由

- **【介紹】**：星座起源於四大文明古國之一的古巴比倫，古代巴比倫人將天空分為許多區域，稱為「星座」，不過那時星座的用處不多，被發現和命名的更少。黃道帶上的 12 星座初開始就是用來計量時間的，而不像現在用來代表人的性格。在西元前 1000 年前後已提出 30 個星座。那里有底格里斯河與幼發拉底河從西北流向東南，注入波斯灣，所以又叫「兩河流域」地區。那裡有底格里斯河與幼發拉底

陀螺
圖片

3

圖片

1

河從西北流向東南，注入波斯灣，所以又叫「兩河流域」地區。

兩河流域文化傳到古希臘以後，推動了古希臘的文化發展。古希臘天文學家對巴比倫的星座進行了補充和發展，編制出了古希臘星座表。西元 2 世紀，古希臘天文學家托勒密綜合了當時的天文成就，編制了 48 個星座。並用假想的線條將星座內的主要亮星連起來，把它們想像成動物或人物的形象，結合神話故事給它們起出適當的名字，這就是星座名稱的由來。希臘神話故事中的 48 個星座大都居於北方天空和赤道南北。

中世紀以後，歐洲資本主義興起，需要向外擴張，航海事業得到了很大的發展。船舶在大海上航行，隨時需要導航，星星就是最好的指路燈。而在星星中，星座的形狀比較特殊，最容易觀測，因此，星座受到了普遍關注。16 世紀麥哲倫環球航行時，不僅利用星座導航定向，而且還對星座進行了研究。

1922 年，國際天文學聯合會大會決定將天空劃分為 88 個星座，其名稱基本依照歷史上的名稱。這 88 個星座分成 3 個天區，北半球 29 個，南半球 47 個，天赤道與黃道附近 12 個。

➤ **【學生活動】：**

①利用 Stellarium 顯示出天球中各星座的圖案，同學利用圖案想像並說出星座的名稱，嘗試二十個。



利用 Stellarium 顯示的星座圖案

②閱讀課外資料《星座神話》，學生了解自己的星座神話後嘗試在電腦中親自找出自己的星座，並向同學簡單介紹自己星座的神話故事。


- **【設問】：**同學可能發現有些星星的名稱很特別，例如五車二、參宿七、天大將軍一、軒轅十二等等……你們認為這些星名與西方有沒有關係？（學生思考）
- **【解答】：**這些星名並不是來自西方的，我們中國古代社會並沒有星座，但卻有類似星座這種概念，稱為星宮。
- **【延伸】：**西方社會為了便於研究，人們把星空分成若干個區域，這些區域稱為星座。中國很早就把天空分為三垣二十八宿。在《史記·天官書》

3

4-1

4-3

電腦
軟件

| | | | |
|------------|--|-------------|-------------------|
| | <p>記載，三垣是北天極周圍的 3 個區域，即紫微垣、太微垣、天市垣。二十八宿是在黃道和白道附近的 28 個區域，即東方七宿，南方七宿，西方七宿，北方七宿。</p> <p>東宮青龍所屬七宿是：角、亢、氐、房、心、尾、箕； 南宮朱雀所屬七宿是：井、鬼、柳、星、張、翼、軫； 西宮白虎所屬七宿是：奎、婁、胃、昂、畢、觜、參； 北宮玄武所屬七宿是：鬥、牛、女、虛、危、室、壁。</p> <p>例如西方星座中夏季最常見的是天蠍座，冬季最常見的是獵戶座。而中國的天文稱呼中，天蠍座星區約是東宮青龍的心宿位置，又稱為商；而獵戶座星區約是西宮白虎的參宿位置，因此杜甫的詩句「人生不相見，動如參與商。」意思是人生動輒如參、商二星，此出彼沒，不得相見。這就是參與商的故事來源。</p> | <p>課外資料</p> | <p>3</p> |
| <p>4-5</p> |  | <p>電腦軟件</p> | <p>3</p> |
| <p>4-4</p> | <p>利用 Stellarium 顯示中國星宮，與西方星座作比較</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 【影片】：《The Universe 第二季 cd2 第一集》13:30—18:30，共 5 分鐘。 ➤ 【佈置作業】：完成《天文觀測手冊》中附錄一「看一看，想一想」部份。 ➤ 【總結】：人類歷史不斷進步，觀測天體的方法不斷改良，無論是天球系統，星座還是中國的星宮，都證實了人類對天空足滿好奇心，見證了人類如何在漫長的歷史中探索星空的奧秘，揭示天文活動與人類文化、社會和科學各範疇的互動，下一堂將會深入講解星座和太陽運動與人類社會活動的關係，嘗試教會同學們觀星的技术和辨認星星的方法。 | <p>影片</p> | <p>5</p> <p>1</p> |

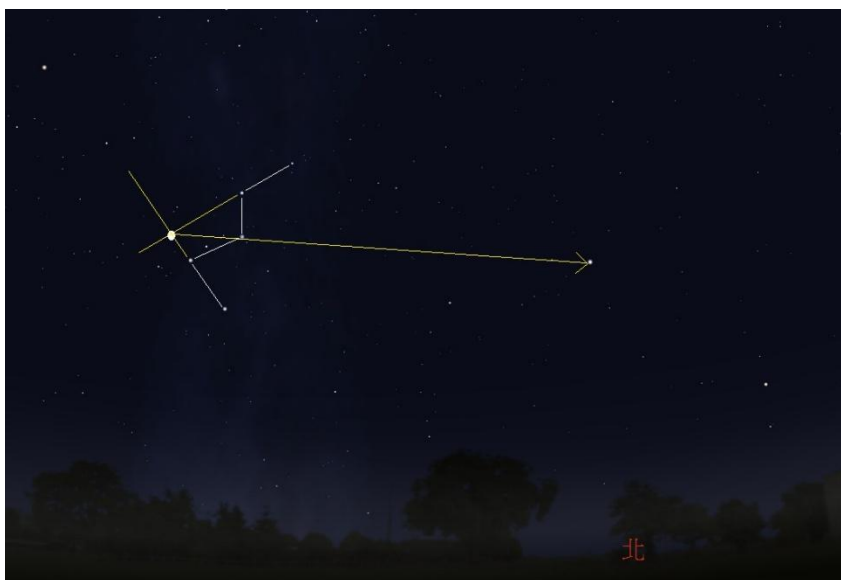
| 第二節、四季星座（第二課時） | | | |
|----------------|---|------|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| 5-1 | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究教案內容，訂立課程目標。 2. 設計教學活動，準備課外資料。 3. 準備投影片、軟件和教具。 <p>學生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 學生已習得第二章第一節和星座源由的內容。 2. 預習第二章第二節四季星座的內容。 <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：上一堂同學們已經初步認識星座的故事、源由，也認識到每顆星星都有自己的絕對位置即赤道座標系統，而觀星的時候可以利用地平座標系統觀測星星的相對位置。但天空繁星閃閃，每顆星星的位置很難判別，那麼如何認星、辨星？因此今堂讓受學了解春、夏、秋、冬有那些主要星座、分辨她們的相對位置，增加同學們認星、辨星的技能。</p> | 電腦軟件 | 1 |
| | <p>第二節、星座</p> <p>二、北極星的判斷：(以下將使用電腦軟件 Stellarium 講解)</p> <p>➤ 【介紹】：抬頭望向燦爛的星空，無數的星宿蘊藏了不知多少個浪漫故事。自古至今，希臘神話、中國傳奇等都成了蒼天的浪漫日記。可惜眾天神於天際間燃點了太多星光，令到一眾星星的追隨者無從入手，因為他們看見的都是密密麻麻的星塵，那麼我們應該從何入手？</p> <p>如果初學觀星的同學，最佳進入宇宙的地方莫過於北極星。由於地球的軸心幾乎直指北極星，因此北極星的位置只有很微小的變化，不像其他星宿，時刻都在移動。其次，尋找北極星需要依賴北斗七星和仙后座。仙后座和大熊座的北斗七星是尋求北極星的最佳星座，因為它們相當容易被辨認。</p> <p>➤ 【設問】：能否只學習以仙后座或北斗七星來尋求北極星？（學生思考）</p> <p>➤ 【解答】：不，基於季節和星星東起西落的時間（這內容會在下一節星星的運動加以說明），有時只會在天上找到仙后座，有時只找到北斗七星，因此兩者皆需要學習。由於仙后座恰好與大熊座的北斗七星相互錯開，學懂辨認仙后座和北斗七星，在地球的北半球上，基本上任何時刻都能找出北極星。</p> <p>➤ 【設問】：同學們，在電腦軟件中你能猜對北斗七星嗎？</p> <p>➤ 【解答】：春夏的夜空中，很容易便找到大熊座里的七顆亮星。它們的排位像是一個斗，所以也被俗稱為「北斗七星」。在秋冬中，依然可以找到</p> | | 7 |

北斗七星，不過它在春夏時分出現的時間較長。同樣地，先找出大熊座內的「北斗七星」，然後將斗頭的最前兩顆星，稱為大熊 α 星與 β 星，向前延伸約兩顆星的五倍距離，便能碰見北極星，也就是正北了。



利用 Stellarium 顯示北斗七星與北極星的相對位置

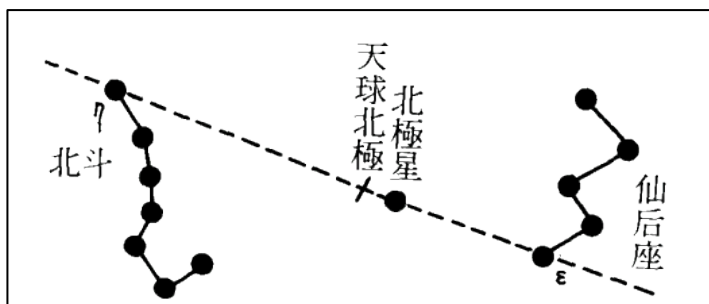
- 5-2
- **【設問】**：同學們，在電腦軟件中你能找到仙后座嗎？
 - **【解答】**：秋冬兩季中(9月至2月)，仙后座最常被用來判別北極星的位置。仙后座是個像英文字母「W」的星座。注意：視乎角度，倒轉的「W」就是「M」。面對浩瀚的宇宙，首要的任務就是找出那個「W」。找到「W」形的仙后座後，將「W」的兩斜邊伸延，直至它們交會在一點為止，然後再把交叉點往「W」中間的角伸延，延長約五倍的位置便能找到北極星。



利用 Stellarium 顯示仙后座與北極星的相對位置

- **【重點整理】**：
 - ①春夏的夜晚，將北斗七星杓子口的兩顆星星(天樞、天璇)延伸五倍的距離，就可以找到北極星。
 - ②秋冬的夜晚，將仙后座(M字形)的內側部份垂直五倍的位置就可以找到

北極星。



學生打開自編教材第二章第二節圖示

- **【學生活動】**：利用 Stellarium 隨機設定日期、時間、星星的光暗程度，把剛學到的知識找出北極星。

三、四季星座：

- **【春季星座介紹】**：春季我們仰望星空，在天頂略偏東北的方向，可以看到北斗七星：天樞、天璇、天璣、天權、玉衡、開陽、搖光。北斗鬥口兩顆星的連線，指向北極星，此時的斗柄，正指向東。所以古人雲：斗柄東指，天下皆春。順著斗柄的指向，可以找到一顆亮星即牧夫座的大角星（牧夫座 α 星），然後到達室女座的主星角宿一（室女座 α 星）。牧夫座的大角星和室女座的角宿一、獅子座尾部的五帝座一，合稱為「春季大三角」。再繼續西南巡去，可找到由四顆小星組成的四邊形，這就是烏鴉座。這條始於斗柄、止於烏鴉座的大弧線，就是著名的「春季大弧線」。

5-3
5-4

1
5



利用 Stellarium 顯示春季大弧線與春季大三角的相對位置
由春季大三角和常陳一（獵犬座 α 星）構成的不等邊四邊形，稱為「春季大鑽石」。



利用 Stellarium 顯示春季大鑽石的相對位置

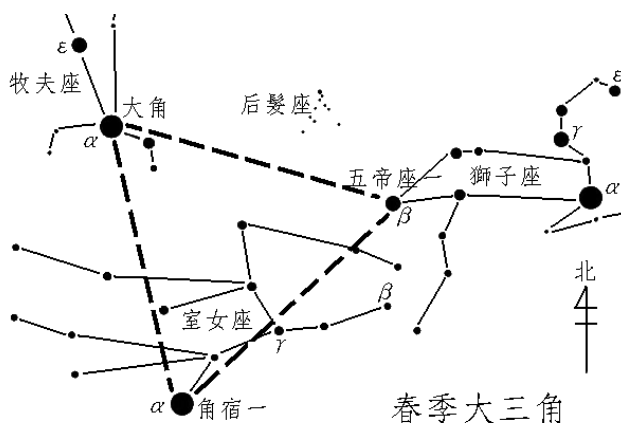
在大熊座的附近，可以找到一個叫做獵犬座的小星座，其中有一個漩渦星雲，即 M51，是有名的銀河外星系。烏鴉座的下邊是長蛇座的尾部。長蛇座從東向西，橫跨半個多天空，是全天最大的星座之一。長蛇頭部的東北，是著名的獅子座。它是春夜星空最輝煌的中心。獅子星座的主星，中名軒轅十四，是處於黃道上的一顆一等星。

春季中最著名的星座就是獅子座，同學們覺得她像獅子嗎？令人印象深刻的大星座，像人頭蹲伏的獅子。獅子座屬於黃道帶星座，介於巨蟹座和室女座之間。獅子座鐮刀由六顆星組成獅子的頭部和胸部的結構，外形像把鐮刀，很容易辨認。



利用 Stellarium 顯示獅子座

- **【重點整理】**：春季大三角：①牧夫座的「大角星」②室女座的「角宿一」③獅子座的「五帝座一」



學生打開自編教材第二章第二節圖示

5-5

5-6

- **【夏季星座介紹】**：夏季是看星的好時節，天黑以後向西看，就找到獅子星座，獅子座東面是室女座。在天空南方，比較低的星空閃耀著一顆紅色的亮星，它是天蠍座的主星心宿二，也是一顆處在黃道上的亮星。天蠍座的明顯特徵是有三顆星等距成弧擺開，心宿二恰在圓心。在我國古代天文學中，天蠍屬商星，獵戶屬參星。剛好一升一落，永不相見，於是有詩人說：「人生不相見，動如參與商。」

夏季星空最明顯的特徵就是銀河，它是白茫茫像雲霧一樣長長的帶子，橫貫南北。順著銀河向東北，可以看到緊靠著一個四邊形的天琴座的織女星和帶著左右兩顆小星的天鷹座的牛郎星。而與這兩顆亮星組成一個大三角形的另一顆亮星，就是天鵝座的天津四。夏季星空中這三顆星很明亮，它們在太空組成一個假想的「夏季大三角」。即使在大城市裡，只要避開強烈的燈光干擾，也能看到這個明顯的幾何圖形。所以觀星的人就把它們選定為星座的「天標」。



利用 Stellarium 顯示夏季大三角的相對位置

夏季天黑以後向西看，就找到獅子星座，獅子座東面是室女座。在天空南方，比較低的星空閃耀著一顆紅色的亮星，它是的主星心宿二，也是一顆處在黃道上的亮星。天蠍座的明顯特徵是有三顆星等距成弧擺開，心宿二恰在圓心。天蠍座東面，就是人馬座，人馬座的東半部分，有六顆星，被稱為南斗。北斗七星此時在西北天，找到後，向東，在差不多天頂的位置，有個半圓形的星座，叫做，就象一個鑲滿珠寶的皇冠，這裡聚集著大量的星系。

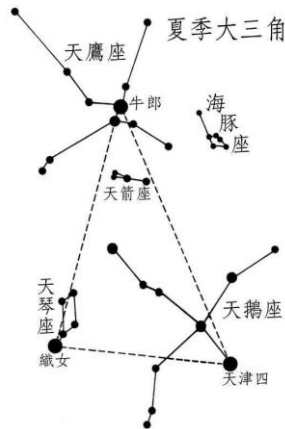
5

2



利用 Stellarium 顯示天蠍座和人馬座的相對位置

- **【重點整理】**：①天琴座的「織女星」②天鷹座的「牛郎星」③天鵝座的「天津四」



學生打開自編教材第二章第二節圖示

- **【秋季星座介紹】**：雖然秋季星座所佔全天域頗大，但此星空星座大多遠離銀河盤面，所以秋季星座並不像夏季或是冬季的星空有銀河盤面貫穿那般的燦爛。換言之，秋季星空亮星很少，唯一較易辨識的特徵，是我們可以找出星空中在仙女座和飛馬座間，由 4 顆亮星組成的大而醒目的平行四邊形，在秋季星空最著名的「秋季四邊形」，或稱為「飛馬仙女四邊形」。

「秋季四邊形」，由飛馬座的 α 星(室宿一)、 β 星(室宿二)、 γ 星(壁宿一)和仙女座的 α 星(壁宿二)組成。看到這個四邊形的四個邊。就可以辨認出東西南北四個方位。四邊形中 3 顆星是飛馬座的主星。而四邊形東北角上最亮的那顆「壁宿二」才是屬於仙女座的主星，它是仙女的頭。這個四邊形在天空的位置非常重要，因為它的每一個邊代表著一個方向。四邊形的東面這條邊，大致上在春分點和北天極的聯線上，由這條邊向南延伸約相同長度，就是春分點；若由這條邊向北延伸約 4 倍長度距離，那就是「北極星」。四邊形西面這條邊，向南延長約 3 倍距離，就到了南魚座的亮星「北落師門」；向北延長約 4 倍距離，同樣地找到北極星。秋季四邊形不似夏季大三角那樣明亮好找，要找出秋季四邊形，可

5-8
5-9

5

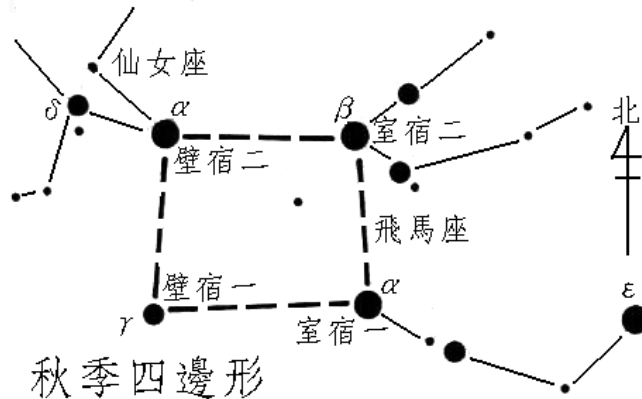
以利用仙后座和天鵝座的 α 星(天津四)，把兩個星座當做正三角形的底，則它的頂就差不多是秋季四邊形。

秋季四邊形的四個邊是飛馬的身體，牠不斷地向西飛去，而後腳拖著可憐的仙女。在仙女座旁，還有一個正如其名的小星座：三角座。



利用 Stellarium 顯示秋季四邊形的相對位置

- **【重點整理】**：①飛馬座的「室宿一」②飛馬座的「室宿二」③飛馬座的「壁宿一」④飛馬座的「壁宿二」



學生打開自編教材第二章第二節圖示

- **【冬季星座介紹】**：冬季雖然寒冷，但冬夜星空中的亮星數勝過其他三個季節，所以顯得分外壯麗。這時北斗七星已來到東北方天空，斗柄指向北方。獵戶座是冬季星空的中心。在中國大部分地區，入夜後就可看到三顆排列整齊的亮星，民間說「三星高」就是指這三顆星。三星的周圍有四顆亮星和三星組成一個長方形，就是獵戶座。三星就是獵戶的腰帶。腰帶下麵豎著的三顆星為獵戶的寶劍。獵戶座的三星下方，有一片亮斑，那就是獵戶座大星雲，三星最左邊的那顆旁邊是馬頭星雲。



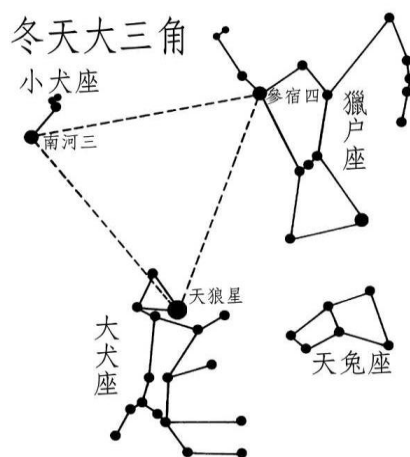
順著腰帶往東走，有沒有看到一顆超級閃亮的星星啊！那就是哈利波特迷所熟悉的天狼星哦！天狼星屬於大犬座。再往上看，還有一顆亮星，那就是小犬座的南河三。把獵戶座的參宿四，大犬座的天狼星，小犬座的南河三，連結起來，剛好是一個正三角形，也就是「冬季大三角」！

從小犬座的南河三再往上看，可以看到兩顆亮星，比較亮的那顆就是雙子座的北河三。再往右上方看，可以找到御夫座的五車二。接著往右下方看，可以找到金牛座的畢宿五。它和軒轅十四、心宿二、北落師門被古人稱為「四王星」。從全星空排行第一亮星，大犬座的天狼星順時針方向開始連結，小犬座的南河三，雙子座的北河三，御夫座的五車二，金牛座的畢宿五，獵戶座的參宿七，再回到大犬座的天狼星，正好是一個大橢圓形，這就是「冬季六邊形」！



利用 Stellarium 顯示冬季大三角和六邊形的相對位置

- **【重點整理】**：①獵戶座的「參宿四」②大犬座的「天狼星」③小犬座的「南河三」



學生打開自編教材第二章第二節圖示

8-1 ➤ **【學生活動】**：利用 IPAD Sky walk app 隨機設定日期、時間、星星的光暗程度，隨機抽出一位學生手動操作 IPAD 完成下列任務。

8-2 ①尋出北極星、大熊座的北斗七星、仙后座。

8-3 ②尋出獅子座、室女座、牧夫座、烏鴉座。

8-4 ③尋出春季大三角、春季大弧線和春季大鑽石。

④尋出天蠍座、人馬座、天琴座、天鷹座、天鵝座。

⑤尋出夏季大三角和銀河。

⑥尋出飛馬座、仙女座、南魚座、鯨魚座、寶瓶座。

⑦尋出秋季四邊形。

⑧尋出獵戶座、金牛座、御夫座、雙子座、大犬座。


⑨尋出冬季大三角和冬季六邊形。

學生能夠在螢幕中指出或說出各答案的位置。



利用 IPAD Sky Walk apps 模擬星空
(學生全程手動操作)

➤ **【作業佈置】**：完成《天文觀測手冊》中第二章「星座練習」部份。

| 第三節、星體運動（第三課時） | | | |
|----------------|---|------|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <p>1. 研究教案內容，訂立課程目標。2. 設計教學活動，準備課外資料。3. 準備投影片、軟件、IPAD 和教具。</p> <p>學生：</p> <p>1. 學生已習得第二章第二節的內容。2. 學生已習得人教版地理必修一第一章行星地球的內容。3. 預習第二章第三節的內容。</p> <p>貳、上課內容</p> <p>➢ 【課題引入】：同學們還記得上一堂主要講解的是星座嗎？大家還有印象嗎？有沒有發現一年當中星座的出現季節都不同，為何會有春、夏、秋、冬四季不同的星座？恆星和其他的天體因地球自轉的緣故，在地球人的視覺上會有東昇西落的周日運動。也由為地球的公轉運動，在軌道上地球每天會前進一度，造成恆星比前一晚提前大約 4 分鐘升起。一年之後，在同一日期和時刻才能看到相同的星空，這種現象是恆星的周年運動。所以恆星的視運動包含周日與周年等兩種視運動。</p> <p>一、周日運動</p> <p>➢ 【介紹】：①星星、月亮、太陽每天都會由東方升起，從西方落下，這種星體每日的規律變化，稱為「周日運動」。②原因：地球由西向東自轉。③影響：由於周日運動，使觀測者在不同的時間就會看到不同的星空。</p> <p>➢ 【設問】：同學注意電腦中模擬的星空，當時間不斷推進時，所有星星都正在轉動，唯獨是那一顆星星幾乎沒有變動？這是為什麼？（同學觀測後回答）</p> | | 1 |
| 6-1 6-2 |  <p>利用 Stellarium 顯示星星的運動軌跡</p> | 電腦軟件 | 3 |

6-3

➤ **【解答】**：北極星因為幾乎就在天球北極上，所以看起來位置都固定不變，不會東升西落。

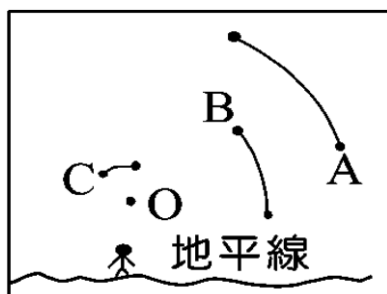
➤ **【星跡介紹】**：這張就是星跡圖，是長時間曝光的效果，可以拍攝出星星經過的痕跡，將相機對準北方天空，可以發現所有恆星以北極星為圓心，在天空畫下同心圓。因地球一日自轉360度，所以恆星在整個夜晚18：00 ~ 06：00以北極星為中心旋轉180度。



投影星跡照片

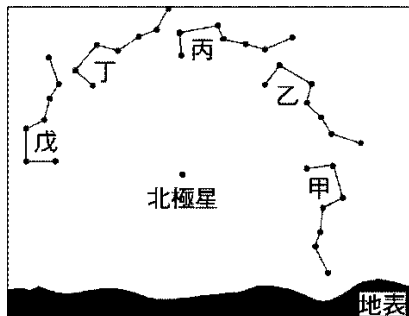
➤ **【設問】**：那麼所有星星呈現什麼方法旋轉？為什麼？你能否推算到旋轉速度？（同學觀測後回答）

➤ **【解答】**：北極星四周的星體，因為地球由西向東自轉，因此各星體會繞著天球北極呈逆時針旋轉。24小時轉一圈360度，故可推算每1小時轉15度。例如圖中A、B、C三條星跡，需要三條長度不一，但因為地球的角速度一樣，因此量度後了解A、B、C與O點北極星所成的夾角是一樣的，都是30度，而又因為每1小時轉15度，因此可以簡單算出這張星跡是曝光2小時的結果。



投影星跡照片

➤ **【設問】**：同學們你們能否知道圖中北斗七星在甲、乙、丙、丁、戊之間各經過多少時間？（學生回答）



投影星跡照片

➤ **【設問】**：假如我們在北極、澳門和新加坡觀看北極星，你會發現有什麼不同？（同學觀測三個緯度的星跡後回答）為什麼？

圖片

3

圖片



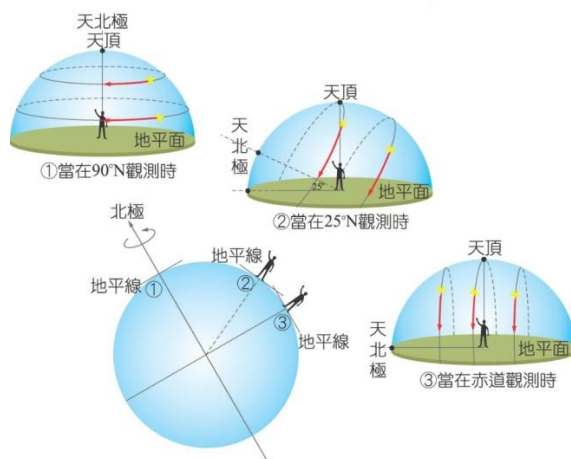
利用Stellarium顯示不同星星的運動

➤ **【解答】**：在北半球不同緯度的各地，看到的北極星仰角都不一樣。觀測北極星的仰角大約等於觀測者所在的緯度。

例如：

- ①愛斯基摩人看北極星，要抬頭將視線移到天頂（頭頂）附近，仰角近90°。
- ②澳門人看北極星，仰角大約22°15'。
- ③新加坡人看北極星，仰角只要1°，完全不用抬頭。

| | |
|--------------|--|
| 北極的星空 | ①北極星在天頂（視仰角90度），星體運動的軌面與地面平行。 ②天球赤道以北的星空永遠看得見。天球赤道以南的星空永遠看不見。 |
| 北半球一般緯度地區的星空 | ①面對北方可看到北極星，北極星的視仰角即觀測者所在地的緯度。 ②星體運動軌跡面倒向南方，軌跡面與地面的夾角，就是緯度的餘角。 ③在北極星和地平線之間的星星，永遠可見。有些南半球的星座則永遠看不見。 |
| 赤道的星空 | ①北極星在北方地平線（視仰角0度），星體運動的軌跡面與地面垂直。 ②天球上所有的星座都看得見。 |



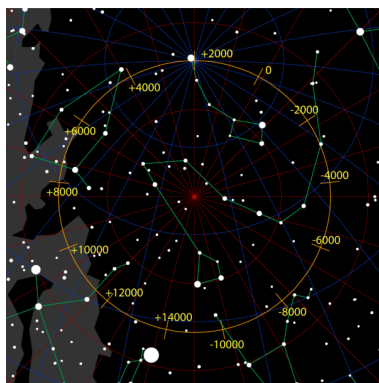
投影不同緯度的星跡圖片

- **【介紹】**：同一個緯度，不同方向的星跡皆有不同，我們先看看澳門正北、正東、正南、正西的星跡有何不同。（利用Stellarium顯示）
- **【設問】**：北極星會一成不變嗎？這是什麼道理？（同學觀測後回答）



利用Stellarium顯示由公元4800到14000年後北極星的位置變化

- **【北極星的介紹】**：北極星是野外活動和航海辨認方向的一個重要指標。現在的北極星是小熊座 α 星（勾陳一）。由於歲差的關係，不同時期的北極星是不同的。約 4800 年前，當時的北極星是天龍座 α 星。古希臘時代，北極星是小熊座 β 星。到 2100 年左右，目前的小熊座 α 和北極的夾角才會變成最小。14000 年左右，天琴座 α 星（織女星）將成為北極星。如果把這個軌跡用線連起來，你認為會出現什麼形狀？（學生回答）



投影地球北極的歲差圈

二、周年運動

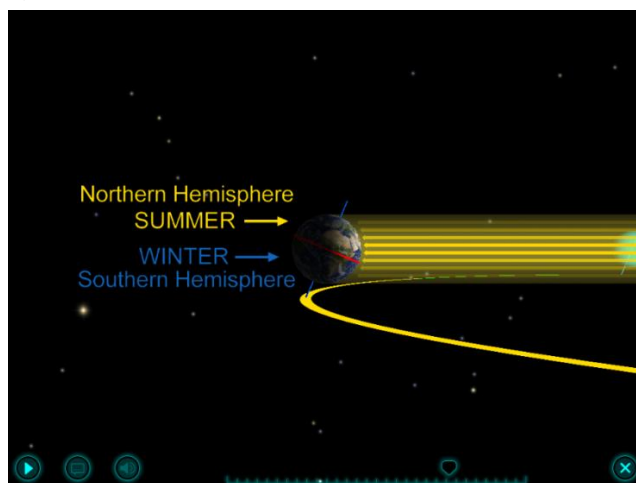
- **【介紹】**：在不同的季節，天空中出現的星座都有變化；此變化週期為一年，稱為「周年運動」。其次會造成星座四季的變化。以下先講解四季形成的原因。
- **【地球的公轉介紹】**（IPAD 教學）：地球繞太陽公轉一圈為一年。當公轉時，因地球的地軸傾斜 23.5 度，造成太陽直射位置出現變動，進而造成一年之中，同一地區地表吸收的熱量與氣溫有高低變化，也就是我們生

電腦
軟件

2

圖片

活中的四季變化。



利用 IPAD Solar Walk apps 進行即時互動教學(全程手動操作)

以北半球來說：

- ①春分(三月 21、22 日)，太陽直射赤道。之後太陽直射位置一直往北移動。
 - ②夏至(六月 21、22 日)，太陽直射北回歸線。之後太陽直射位置往南移動。
 - ③秋分(九月 21、22 日)，太陽直射赤道。之後太陽直射位置繼續南移動。
 - ④冬至(十二月 21、22 日)，太陽直射南回歸線。之後太陽直射位置往北移動。
- 如此週而復始，循環不停。

- **【設問】**：同學們有否發現四季交替的過程中，有時日長夜短，有時日短夜長，你們想一想這是什麼道理？
- **【解答】(IPAD 教學)**：地軸傾斜的關係，造成照射範圍的變化！也就是晝夜長短的變化。春分當日，大致均分，所以各地的單日照射時間一樣長，都是 12 小時。冬至到夏至期間，北半球照射範圍越來越廣（南半球照射範圍則越來越小），日照時間也就隨著增加，結果白天時間就越來越長。高緯度地區由於緯圈小，狀況最明顯，極圈以內甚至出現極晝情形。夏至到冬至期間，北半球照射範圍越來越小（南半球照射範圍則越來越廣），日照時間也就隨著減少，結果白天時間就越來越短。高緯度地區由於緯圈小，且是最早脫離日照範圍，所以夜晚時間明顯拉長，極圈以內甚至出現極夜。

結論，因地軸傾斜與地球繞太陽公轉，造成地球上出現「四季變化」與「晝夜變化」。

3

IPAD

15

6-4

6-5

IPAD

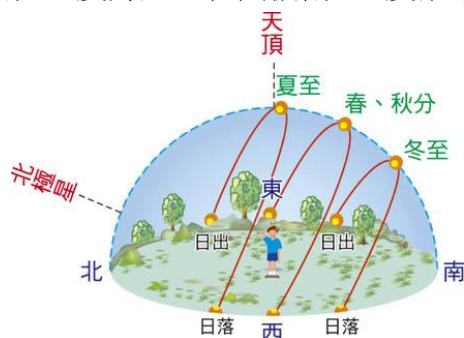


6-7 利用 IPAD Solar Walk apps 模擬地球一年中四季變化的日照情況
(全程手動操作)

6-6 ➤ **【太陽運動的介紹】**：太陽其實就是一顆大星星，所以太陽運動的軌跡線與星星相同。太陽每天東升西落。太陽運動的軌跡面倒向南方，軌跡面與地面的夾角等於緯度的餘角。太陽與星星不同的是：星星永遠都不會改變升落的方位。從東北方升起的星星，永遠都是從東北方升起。太陽升落的方位會有季節性的變化：

在澳門地區二分二至時太陽日出日落位置：

- ①夏至：由東偏北22.2度升起，在西偏北22.2度落下。
- ②春分、秋分：正東升起，正西落下。
- ③冬至：由東偏南22.2度升起，在西偏南22.2度落下。



投影澳門二至二分的太陽軌跡圖片


假如在澳門地區22.2° N，一天當中從上午到下午時後太陽照射到地面的影子是那一個方向？影子長度如何變化？（利用手電筒和筆杆展示）


➤ **【重點整理】**：

| 上午 | 中午 | 下午 |
|---------------------------------------|---|------------------------|
| ①太陽在東：影子在西 ②清晨影子：最長 ③上午→中午：影子愈短 | ①太陽在天頂：影子在腳下一點 ②中午影子：最短 ③中午→下午：影子愈長 | ①太陽在西：影子在東 ②黃昏影子：最長 |

➤ **【設問】**：假如在澳門地區 22.2° N，一年當中從春分至冬至太陽黃

圖片

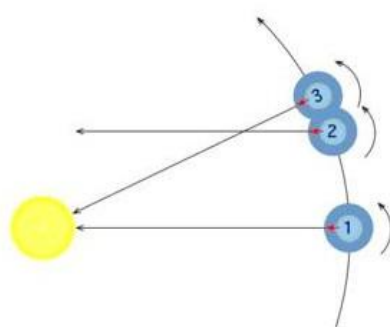
| 6-7 | <p>道的變化是如何？同學要留意正午、日出和日落時後。（同學觀測後回答）</p>  <p>利用Stellarium顯示二至二分點的黃道的位置變化</p> <p>➤ 【解答】：計算正午太陽高度角可使用公式 $90^\circ - \text{當地緯度} + \text{太陽直射位置的緯度}$，觀測後和計算後可得出下列表格。</p> | 手電筒和筆杆 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---|------------------|------------------|----|----|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|------|------|
| 6-8 | <table border="1" data-bbox="221 882 1228 1267"> <thead> <tr> <th>春分</th> <th>夏至</th> <th>秋分</th> <th>冬至</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①太陽在正午時位於正南方</td> <td>①太陽在正午時位於正南方</td> <td>①太陽在正午時位於正南方</td> <td>①太陽在正午時位於正南方</td> </tr> <tr> <td>②仰角 67.8°</td> <td>②仰角 88.7°</td> <td>②仰角 67.8°</td> <td>②仰角 44.3°</td> </tr> <tr> <td>③日出：太陽正東</td> <td>③日出：太陽東偏北</td> <td>③日出：太陽正東</td> <td>③日出：太陽東偏南</td> </tr> <tr> <td>④日落：太陽正西</td> <td>④日落：太陽西偏北</td> <td>④日落：太陽正西</td> <td>④日落：太陽西偏南</td> </tr> </tbody> </table> <p>➤ 【總結】：因此，我們學會了地球自轉和公轉會造成恆星的周日運動和太陽的周年運動，所有恆星包括太陽都約從東邊升，從西邊落，而太陽在黃道中周期性的位置變化是一年產生四季的原因，而太陽周年變化最終會影響星座的季節變化，將會在下一節中詳細講解。最後讓大家感受一下北極夏至時太陽極晝的現象吧！（利用Stellarium顯示）</p> | 春分 | 夏至 | 秋分 | 冬至 | ①太陽在正午時位於正南方 | ①太陽在正午時位於正南方 | ①太陽在正午時位於正南方 | ①太陽在正午時位於正南方 | ②仰角 67.8° | ②仰角 88.7° | ②仰角 67.8° | ②仰角 44.3° | ③日出：太陽正東 | ③日出：太陽東偏北 | ③日出：太陽正東 | ③日出：太陽東偏南 | ④日落：太陽正西 | ④日落：太陽西偏北 | ④日落：太陽正西 | ④日落：太陽西偏南 | 電腦軟件 | 電腦軟件 |
| 春分 | 夏至 | 秋分 | 冬至 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ①太陽在正午時位於正南方 | ①太陽在正午時位於正南方 | ①太陽在正午時位於正南方 | ①太陽在正午時位於正南方 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ②仰角 67.8° | ②仰角 88.7° | ②仰角 67.8° | ②仰角 44.3° | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ③日出：太陽正東 | ③日出：太陽東偏北 | ③日出：太陽正東 | ③日出：太陽東偏南 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ④日落：太陽正西 | ④日落：太陽西偏北 | ④日落：太陽正西 | ④日落：太陽西偏南 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6-9 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 第四節、星座季節變化；星座盤的使用（第四課時） | | | |
|-------------------------|---|------|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究教案內容，訂立課程目標。 2. 設計教學活動，準備課外資料。 3. 準備投影片、軟件、IPAD 和教具。 <p>學生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 學生已習得第二章第三節周日運動和周年運動的內容。 2. 預習第二章第三節黃道十二宮的內容。 <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：上堂探討過地球繞太陽公轉時會產生四季和太陽視運動的季節變化，我們把這種變化稱為周年運動。周年運動還有另一個影響，對恆星而言，地球公轉的位置變化同樣會影響恆星的星出和星落，進而產生星座的季節變化。我們先用電腦模擬 1 月 1 日天狼星出地平線的時間，大約 19:00 星出，現在把時間調到日期為 2 月 1 日，一個月後天狼星星出地平線的時間是多少？（同學觀察後回答）沒錯！17:00 星出，足足早了約兩個小時！同學想一想，當身處夏季的時候我們還有沒有機會在夜晚的星空中尋找天狼星？是何種因素造成？（同學思考回答）</p>  <p style="text-align: center;"><i>利用Stellarium模擬天狼星出地平線的時間</i></p> | 電腦軟件 | 3 |
| 6-10 | <p>➤ 【太陽日和恆星日的介紹】：太陽日是指太陽連續兩次正射地球上同一經線所經過的時間。或說以太陽東昇至正午時到第二天太陽又再度升到正午的位置時之間的時間長度，即稱為一個太陽日。</p> <p>而恆星日是以恆星為參考點，晚間恆星東昇至最高點時到下一晚間此恆</p> | | 2 |

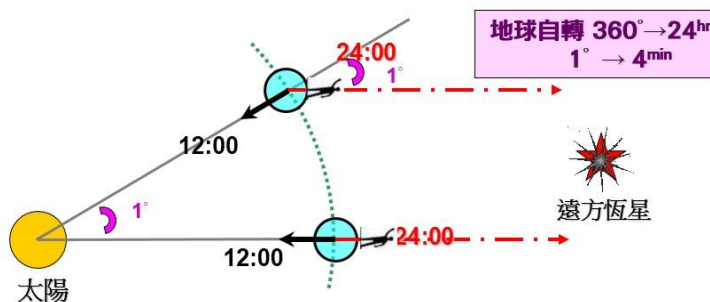
星又再昇到最高點之間的時間長度，即稱為一個恆星日，恰好是地球自轉一周的時間。

簡單來說太陽日是兩次正午間隔的時間，而恆星日是地球自轉一圈 360° 的時間。

- **【設問】**：太陽兩次到達正午不就是地球自轉一圈嗎？是不同的！（學生思考回答）
- **【解答】**：如圖：在時間①，一顆遙遠的恆星和太陽都在正上方；在時間②，行星轉了 360°，遙遠的恆星在正上方（①→②=恆星日），但是要再晚一點，在時間 3 的位置上太陽才會在正上方（①→③ =太陽日）。所以地球自轉的同時也會繞太陽公轉，今日中午和明天中午的時間是 24 小時，但其實地球是公轉了 361°！



投影地球公轉與自轉圖片





投影地球公轉與自轉圖片

- **【設問】**：太陽日是 24 小時（即公轉 361°）那麼恆星日是多少小時？（學生嘗試計算）
- **【解答】**：1 個恆星日 → 地球自轉 360°；1 太陽日 → 地球自轉約 361°
 所以 1 個太陽日 > 1 個恆星日
 1 個太陽日 = 24 小時，則每自轉 1° 的時間是 (361° / 24 小時) ≈ 4 分鐘，因此自轉 360°（即恆星時）就是 23 小時 56 分！
 所以同一顆恆星，次日升起的时间會提早 4 分鐘左右。同一顆恆星次日出現在同一位置點的时间就會提早 4 分鐘。據此推算，30 天後就會提早 120 分鐘出現，相當於一個月後會提早兩小時出現！就說明了為何天狼星

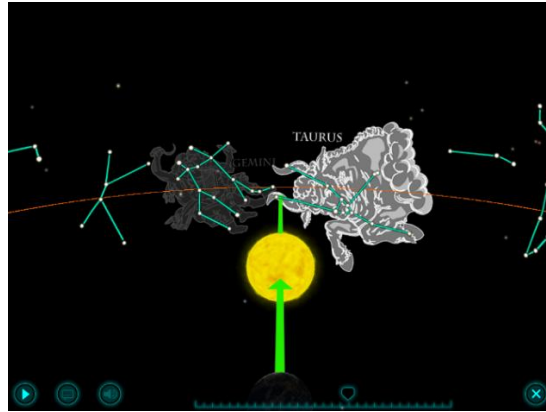
7

圖片

圖片

| | | |
|-------------|---|----------------------|
| | <p>每隔一個月後會提早兩小時出現了！</p> <p>➤ 【黃道十二宮介紹】：如果某顆星星出地平面的時間提早 4 分鐘，那麼這顆星星幾個月之後必定消失於白天之中，我們已經看不見她的光芒了。現在利用電腦模擬星空每個月的變化。</p>  <p>利用Stellarium設定時間固定，「日期」快進下星星的運動，可得知每天星星都會提早升出地平面</p> <p>正因為每天星星提早 4 分鐘升出地平面造成四季的星座不同，不同的季節裡，夜空中的星空便不同，因此每一個季節或時段太陽所在的星座皆不同，而太陽在天球上的移動軌跡稱為黃道。一年中依序經過 12 個背景星座就是黃道十二宮。</p> <p>➤ 【設問】：同學們，你們應該很了解十二星座吧，知道是什麼星座嗎？（同學回答）</p> <p>➤ 【解答】：白羊座、金牛座、雙子座、巨蟹座、獅子座、處女座、天秤座、天蠍座、射手座、魔羯座、水瓶座、雙魚座。但是天文學和占星學完全不一樣的，現代科學認為西洋占星術是偽科學的，完全沒有科學根據，天文學上是把太陽經過的星座稱為宮，而因為歲差的關係，兩千年前太陽經過的星座數由十二宮變成十三宮—白羊宮、金牛宮、雙子宮、巨蟹宮、獅子宮、室女宮、天秤宮、天蠍宮、人馬宮、魔羯宮、寶瓶宮、雙魚宮、蛇夫宮，雖然蛇夫座也被黃道經過，但不屬占星學所使用的黃道十二宮之列，在占星學的黃道十二宮定義只是指在黃道帶上十二個均分的區域，不同於天文學上的黃道星座。而經國際天文學聯合會在 1928 年規範星座邊界後，黃道中共有十三個星座。由於歲差的關係，21 世紀的黃道星座與占星學已不一致。</p> | <p>電腦軟件</p> <p>2</p> |
| <p>6-11</p> | | <p>4</p> |
| <p>6-12</p> |  | |

| | | | |
|------|--|------|---|
| 6-13 | <p style="text-align: center;"><i>利用 Stellarium 顯示黃道經過的蛇父座</i></p> <p>➤ 【星座季節變化介紹】：地球自轉形成了星座的東升西落。同一夜晚不同時刻北斗七星的指向不同，出現在南方天空的星座也不同。留心觀察星空的人還會注意到：不同季節的夜晚同一時刻看到的星座也是互不相同的。春天（3月）夜晚8點鐘，我們會看到北斗七星的斗柄指向東方，出現在南方的星座是雄偉的獅子座；夏天（6月）夜晚8點鐘，我們仰望北斗七星，其斗柄指向南方，當我們面向南望去時，盤踞在南方星空的是巨大的天蠍星座；秋風送爽，到了9月，同是夜晚8點鐘，飛馬星座橫跨夜空，北斗七星則是斗斜星橫，斗柄西指；到了冬季（12月），夜晚8點鐘我們再到戶外觀星，輝煌燦爛的獵戶星座成為南天星空的主要角色，北斗七星靠近北方地平線，斗柄指向北方。到了來年春天的夜晚同一時刻，我們再去看星，又是斗柄東指了。</p> <p>➤ 【設問】：什麼原因形成星座的周年變化呢？（同學回答：公轉！）</p> <p>➤ 【解答】（利用 Stellarium 電腦模擬）：顯然，夜晚人們看到的是位於太陽相反方向的那些星座。每年3月，太陽運行到黃道上的雙魚星座，3月夜晚我們看到的是位於太陽相反方向的獅子、室女、天秤等星座；3個月之後，太陽自西向東運行到雙子座方向，那麼6月的夜晚我們可以看到和雙子座相對方向的天蠍、人馬、摩羯星座；到了9月，太陽運行到室女座方向，夜晚的星空中將會出現寶瓶、雙魚和白羊以及巨大的飛馬座四邊形；到了12月太陽運行到人馬星座方向，這時夜晚星空中又更換為金牛、雙子、巨蟹以及獵戶、大犬等星座了。</p> <div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;"><i>投影黃道十二宮圖片</i></p> </div> <p>因為天蠍座（商星）與獵戶座（參星）相距180度。在夏季黃昏時的天蠍座（商星）從東方地平線升起時，獵戶座（參星）正好沒入西方地平線。在冬季黃昏時的獵戶座（參星）從東方地平線升起時，天蠍座（商星）正好沒入西方地平線。</p> <p>➤ 【延伸】（IPAD 講解）：把之前的內容總結一次，用模擬動畫加深同學的印象，了解星座的季節變化。</p> | 電腦軟件 | 4 |
| | | | 5 |
| | | 圖片 | |



利用 IPAD Solar Walk apps 模擬黃道十二宮的季節變化過程
(全程手動操作)

- **【學生活動】**：學生在 IPAD 上玩一個「星座拼圖」小遊戲，增加學生對黃道十二宮的星區認識，並且進行競爭，以最快的速度把十二星宮的位置拼好。



利用 IPAD Constellation 還學生以最快速度拼出十二星宮的位置

- **【堂課佈置】**：完成《天文觀測手冊》第二章第三節「做一做」部份。

四、星座盤的使用

- **【介紹】(教具講解)**：利用星座盤可以看出當天當時的星空模樣，也可以讓你知你知你所要找的星座，在哪一個方向可以找得到，是一個非常方便的道具。首先星座盤可以分為兩部份，1) 星盤上頁－①透明視窗是觀測者所在地能看到的星空範圍。②透明視窗呈橢圓形，其邊界就是「地平線」。③橢圓的中心點即視仰角90度處，也就是「天頂」所在。④透明視窗內，由天頂向四周輻射的弧線，可幫助我們辨認星座所在的方位。南北方位線是一條直線，東西方位線是一條弧線。⑤外緣有時間的刻劃。2) 星盤下頁－①繪有觀測者所在的緯度地區全年間可見的全部星群。(澳門緯度：22° 22' ；經度：113° 33') ②因為將天球面壓縮到平面的星座盤上，造成由中心向外圍產生不同程度的變形；愈靠近外

7-1

IPAD

2

IPAD

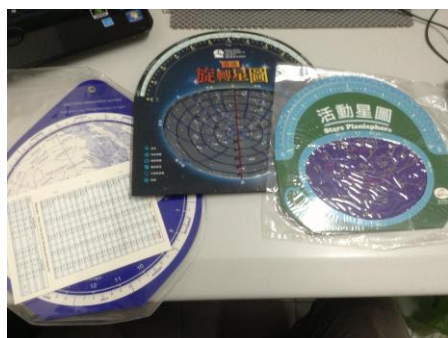
3

星座盤

2

2

圍，變形愈大。③外緣有月份及日期。



展示教具星座盤，學生邊聽邊做

當上下頁疊合後，圓心就是天球北極，一般也可視為就是北極星所在的位置。逆時針旋轉下頁，透明視窗內就會顯露出不同日期及時刻可見的星空，可看出星星東升西落的周日運動。

- **【使用方法的介紹】**：方法順序是先調整時間、再找出北方的位置，然後將星座盤舉起來看即可。

| | |
|----------|---|
| 調整時間 | 將星座盤下頁的觀測月份、日期與上頁的時間對齊。此時，在星座盤上橢圓形視窗中所呈現出的，便是該時間的星空。 |
| 找出北方 | ①利用指北針。 ②春夏季時利用北斗七星（大熊座）：斗口外側兩顆星（即天樞和天璇）的距離延伸5倍（約25°），就可以找到北極星。 ③秋冬季時利用仙后座：W 兩側延伸產生交點，交點至 W 中央恆星距離延伸 5 倍（約 25°），可找到北極星。 |
| 將星座盤舉起來看 | ①找個舒服的地方躺下來，將星座盤面朝向自己。 ②越過頭頂舉起 ③將星座盤的北方位與地面的北方位疊合。 |

- **【延伸】**：有時我們觀星使也會使用觀星角度度量，使用簡單的方法就可大約知道星星之間的視角距離，在地面觀星時，一個常用又方便的度量角度方法為伸直手臂朝向天空，一根手指寬約為1°，拳寬約為10°，五指伸張時的全寬約為20°，太陽和月球的角度大小都約為0.5°，而北斗七星勺口的兩星間（天樞和天璇）約為5°

- **【總結】**：我們花了四節的時間把天球系統、星座系統和星體運動的內容講解後，大家除了要記得一定重要的概念外，還要懂得辨星、辨方位和使用星圖的技巧，學會後你們將會一生受用，就能在野外時作出基本而又簡單的辨星。所以本節結束後將會有一晚戶外觀星之夜，而且能親自使用星座盤，驗證自己掌握的程度，回答手冊中重要的問題。完成《天文觀測手冊》中第二章第四節「星座觀測實習」部份：包括四季星座的觀測和星座盤的練習。

星座盤

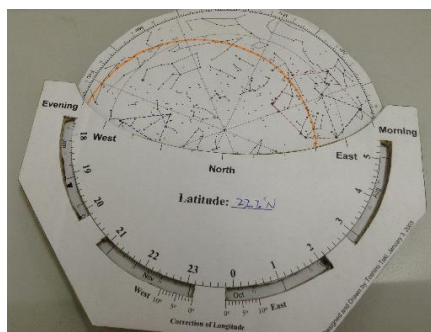
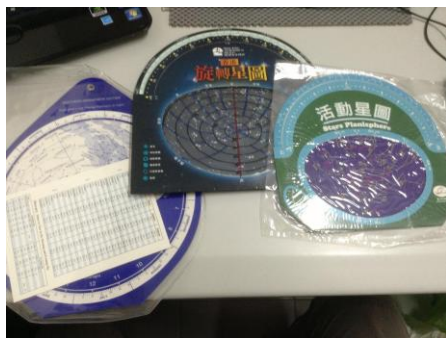
2

1

1

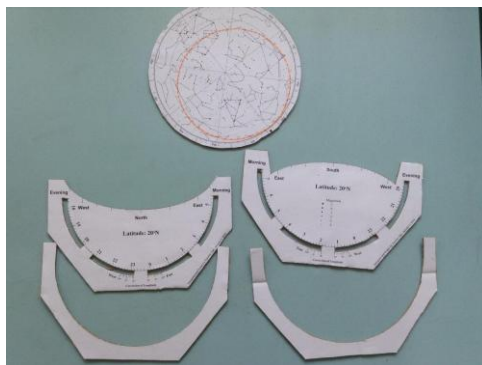
四、工作坊教案：星座圖

- **【教學時間】**：60 分鐘。
- **【教學目標】**：
 1. 能製作屬於澳門地區的星座圖。
 2. 能在自製星圖中畫出黃道。
 3. 能在自製星圖中畫出四季星座的連線、寫出重要星座的名稱和星名等。
 4. 能利用自製星圖找出自己星座的觀察時間。
 5. 能說出黃道十二宮的原理。
 6. 能使用自製星圖。
- **【教學使用材料及工具】**：紙皮箱（鞋盒/硬卡紙/珍珠板）、A4 星座圖電腦輸出、長尺、刀片/剪刀、顏色筆、膠紙、筆。
- **【教學流程】**：
 1. 引起動機：同學已習得星圖的使用方法，對星圖的認識並不陌生，因此只需要展示自製星圖並使用一次，增加學生製作星圖的興趣。
 2. 星座盤是一種圓形的星圖，其中心有一個偏向一側，看似橢圓的窗口，以便星圖中在指定時間可以看見的星星能在窗口的區域中出現。星圖是鑲嵌住的，並且可以用它們的中心做樞紐自由的轉動（展示已有的星座圖）。星圖中包括在地球的某些地區可以看見的亮星、星座，這些地區以南半球或北半球不同緯度的帶狀區域為範圍。因為從地球上能看見的夜空取決於觀測者的緯度，所以星座盤的窗口會依據緯度做設計，觀測者也要選擇最接近所在半球緯度的星座盤才能適用。我們今次自製的星圖外型雖然不同，但使用方法是同樣的！



展示多種星圖和自製星圖

- **【製作流程】**：
 1. 首先把用剪刀/刀片，按照 A4 紙上的圖案裁剪。
 2. 再利用剪刀/刀片把紙皮箱（鞋盒/硬卡紙/珍珠板）裁剪成以下圖形。
 3. 把裁剪後的圖案貼在已裁剪的紙皮箱上（鞋盒/硬卡紙/珍珠板）。
 4. 最後把四塊合為一，成為星座的上盤和下盤，星座圖放入其中即完成。



➤ **【統整活動】：**

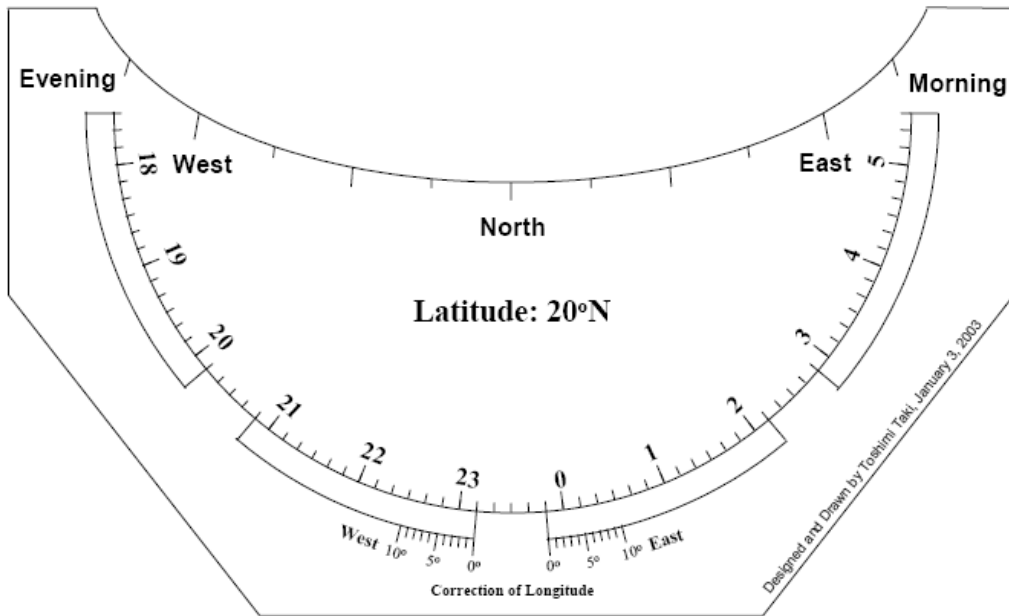
1. 完成後，同學在星座圖中完成下列任務：
2. 利用黃色筆畫出黃道。(把星座圖中的虛線相連)
3. 分別把黃道經過的十二星座連線，寫出名稱(藍色筆)。(老師投影星座圖，學生邊畫邊看)
4. 找出自己星座，用自己喜歡的顏色筆(除藍色)連線。
5. 讓同學讀出十二星座的順序。(由白羊座開始)
6. 找出四季星座，並利用藍色筆把星座相連。(投影星座圖，學生邊畫邊看老師的示範。先由春天星座畫起。)
7. 同學自己找出春季大三角、夏季大三角、秋季四邊形和冬季大三角，並用紅筆連線和標其名稱。
8. 使用方法：

| | |
|----------|---|
| 調整時間 | 將星座盤下頁的觀測月份、日期與上頁的時間對齊。此時，在星座盤上橢圓形視窗中所呈現出的，便是該時間的星空。 |
| 找出北方 | ①利用指北針。 ②春夏季時利用北斗七星(大熊座)：斗口外側兩顆星(即天樞和天璇)的距離延伸5倍(約 25°)，就可以找到北極星。 ③秋冬季時利用仙后座：W兩側延伸產生交點，交點至W中央恆星距離延伸5倍(約 25°)，可找到北極星，澳門緯度是 22.2° ，因此北極星仰角也是 22.2° 。 |
| 將星座盤舉起來看 | ①找個舒服的地方躺下來，將星座盤面朝向自己。 ②越過頭頂舉起 ③將星座盤的北方位與地面的北方位疊合。 |

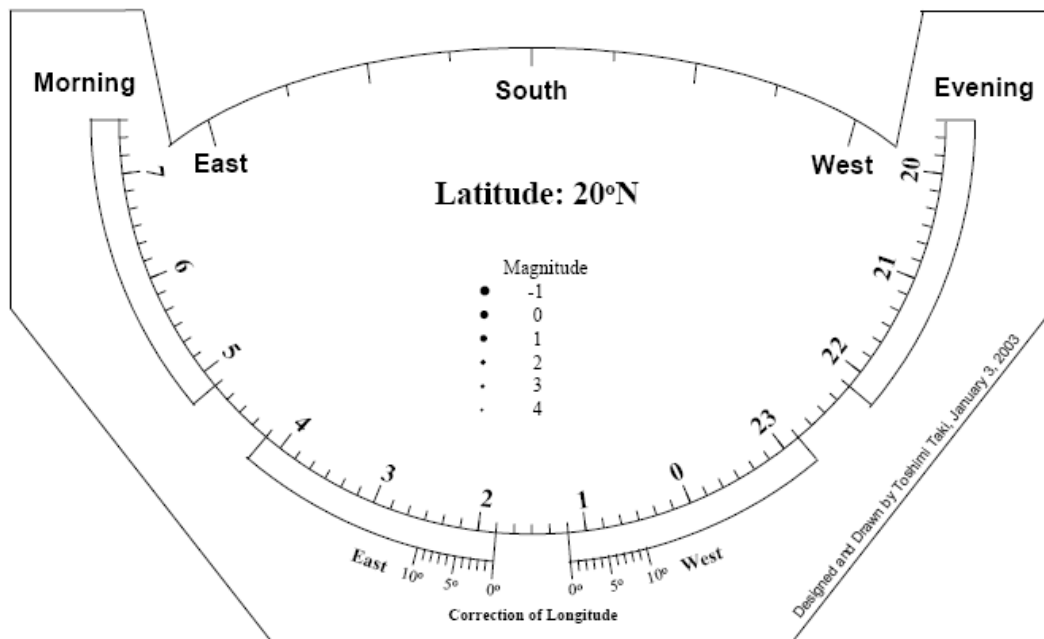
9. 找出自己的星座，再看月份，說出觀看自己星座的月份。
10. 討論：
 - 甲、為何有些星星有大有小？(簡述視星等的概念，引起日後學習星等的動機)
 - 乙、為何北緯 20° 的星座圖澳門仍可使用？(在大多數的時間，由於高山、樹木、建築物或我們通過大氣層的厚度影響，都不能直接看見地平線附近的恆星出現在天空中。不是在最佳的狀況下，低於 5° 以下的星空，除非是特別顯著的幾乎都看不見，因此在設計緯度的 $+5^\circ$ 到 -5° 的範圍內，仍都可以很準確的使用。例如，為北緯 20° 所設計的星座盤，在北緯 15° 和 25° 都可以

很完美的適用。)

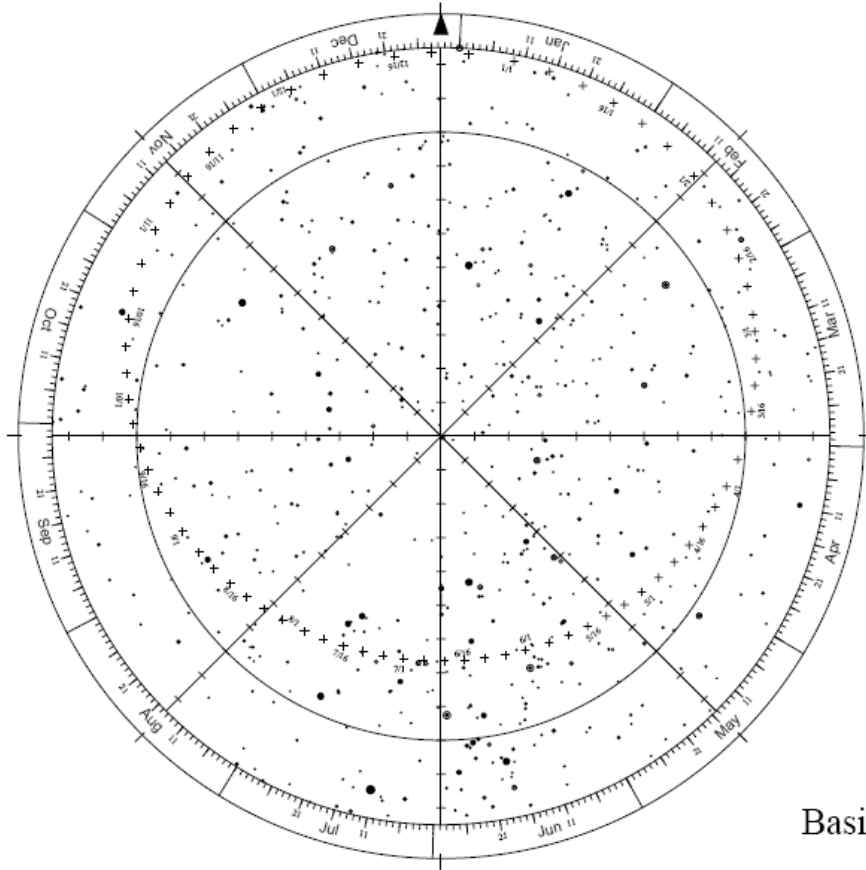
丙、這張自製星座圖能否在其他地方使用？什麼地方？（北緯 15°和 25°）



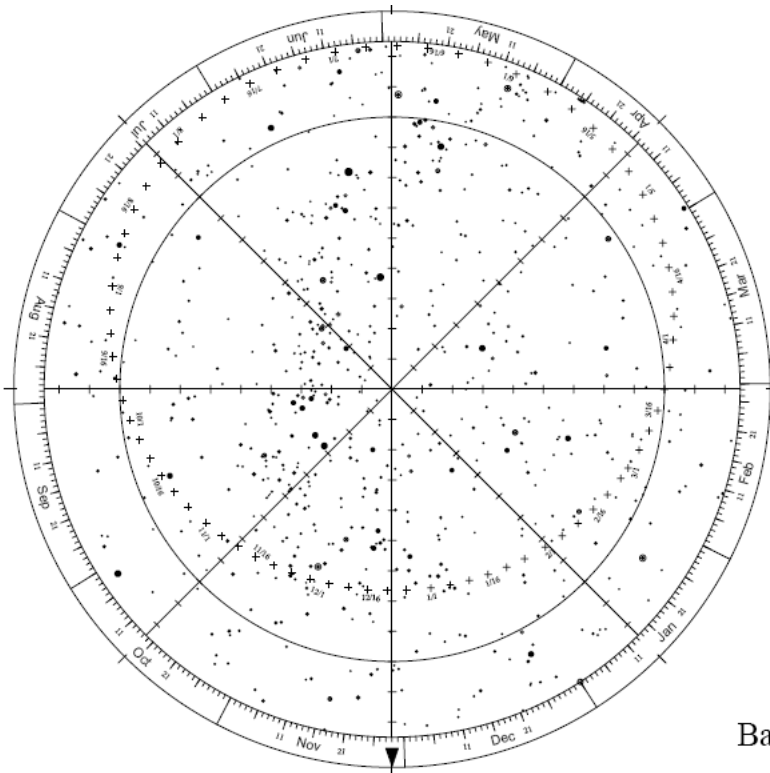
20°N, Cover, North



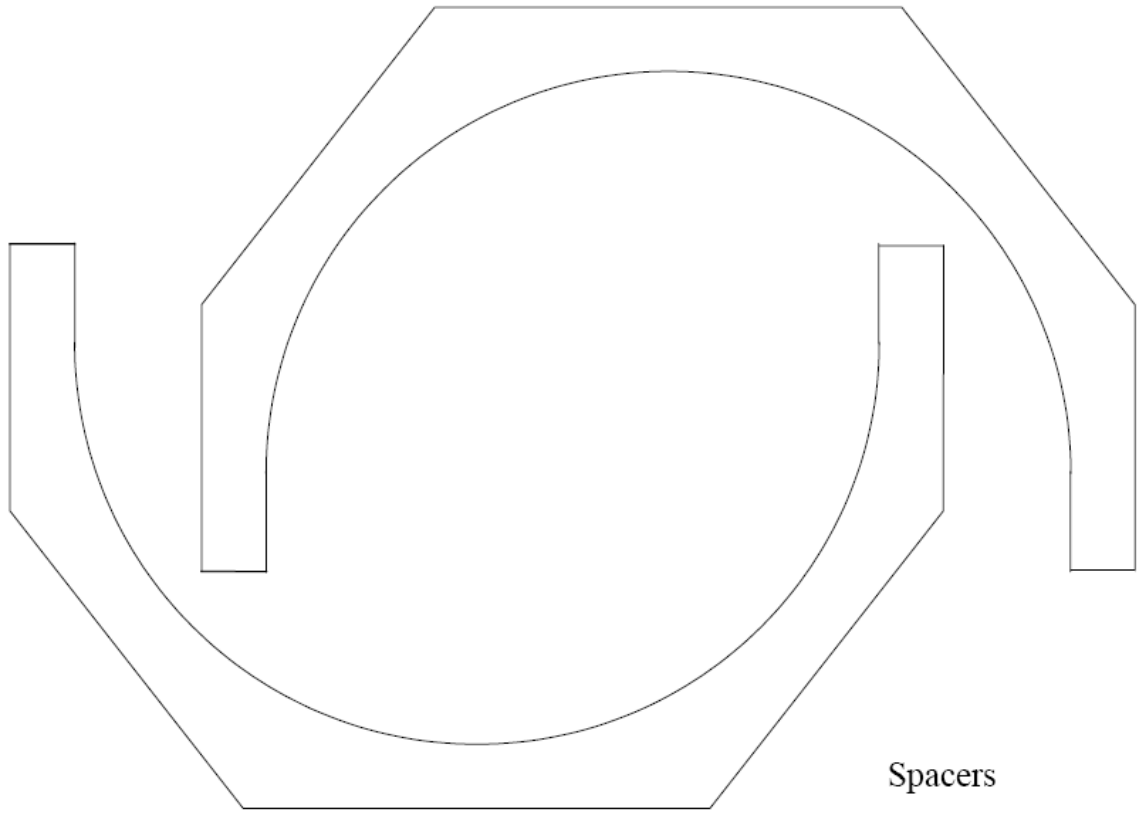
20°N, Cover, South



Basic Northern Sky Map



Basic Southern Sky Map



五、試教評估、反思及建議

本章的教學目標是讓學生能夠學會天球系統和星座原理，利用這些原理原則運用到觀星技巧上，整個課程分為三個部份，課程理論，工作坊和實地野外觀星。

首先課程先介紹天球系統，利用電腦模擬天球系統教授赤道座標系統和水平座標系統具有一定優勢，把抽象的、假想的概念形象化，全部學生皆能讀圖說出某天體的絕對位置和相對位置，且能解釋兩者的差別，有部份學生會提出更高層次的問題，如認識天體的絕對位置對觀星有何幫助等，老師可以在課餘時間向學生解答，前題是要對課程以外的內容有充分的準備。當學生對天球系統有一定認識後，進入星座課題會更易掌握，學生基本上能說明北極星的功能和不同季節的尋找方法，通過畫圖讓學生掌握不同季節星座圖的判讀，然而這部份課程時間不太充裕，加上課室採光不足，學生難以一邊看螢幕一邊在昏暗的教室畫星座圖，建議把這部份內容作為家庭作業讓學生回家完成，一來解決課堂時間不足的問題，二來學生可借此機會下載免費星圖軟件完成作業，在家中操作模擬星體。最後教授星體運動部份，利用 IPAD 影片和電腦展示日—地運動關係、星座季節變化、太陽運動年日變化等皆有幫助，學生皆能完成課後練習，但建議學生必須具備地球自轉和公轉的基礎地理知識。

學生對天球和星座的理論知識掌握之後，可嘗試展開製作星座盤的工作坊，每位學生都可設計屬於自己的星座圖，目的是讓學生把煩悶的星座位置經過動手畫畫和連線加深記憶和印象，學生可以自行在課餘時間利用星座圖觀星，運動所學知識。整個工作坊過程非常順利，所需時間皆能控制在兩小時之內，有部份未完成的學生可回家繼續完成。建議老師事先預備剪刀、刀片，紙皮、顏色筆等勞作用具，學生未必能充分準備，同時也事先準備星座盤讓每位同學參考，製作時老師必須在旁悉心指導，過程中學生對自己製作的星座盤充滿成就感。大部份的成品製成後，老師可即場講解和示範星座盤的原理和使用方法，立刻到戶外進行短暫的觀星。

最後，兩次野外觀星分別在 11 月中旬和 12 月上旬，主要觀察秋季和冬季星座，地點分別是學校天台和黑沙公園。普遍學生對星座判定還有一定認識，通過老師現場指導，利用自製的星座盤尋找星體，學生皆能通過簡單的任務，找到重要的星座和星體，但仍有學生未能掌握，此時學習能力較強的學生則可指導指導能力較弱的學生，老師在旁指導，同學們投入度非常高，互相幫助，實踐教學傳承的理念。建議進行野外觀星前必須為學生準備紅光頭燈，現場先講解觀星原則和禮儀，如設備許可宜攜帶一支中小型折射鏡對教學更有幫助。

六、成果展示

天文觀測手冊 高中版
 星座練習
 聖公會澳門慕道中學 謝建崗老師自編教材

第一部份：請在表格中畫出所屬星座，並寫出所屬星座最亮的星星名稱。

| 星座名稱 | 最亮星星 (α星) | 圖形 | 星座名稱 | 最亮星星 (α星) | 圖形 |
|----------|-----------|----|-------------|-----------|----|
| 大熊座的北斗七星 | 天樞 | | 天蠍座 | 心宿二 | |
| 小熊座 | 勾陳一 | | 獵戶座 | 參宿四 | |
| 獅子座 | 軒轅十四 | | 你的星座 室女座 | 角宿一 | |

第二部份：請在表格中畫出大型的四星座季，並寫出所屬星座和星星的名稱。

| 季節 | 季節大三角 | 星星名稱 | 所屬星座 | 圖形 |
|----|-------|--------------------------|--------------------------|----|
| 春季 | 春季大三角 | 大角星 角宿一 五車座一 | 牧夫座 室女座 獅子座 | |
| 夏季 | 夏季大三角 | 織女一 河鼓二 天津四 | 天琴座 天鷹座 天鵝座 | |
| 秋季 | 秋季四邊形 | 室宿一 室宿二 壁宿一 畢宿二 | 飛馬座 船馬座 飛馬座 飛馬座 | |
| 冬季 | 冬季大三角 | 參宿四 天狼星 南河三 | 獵戶座 大犬座 小犬座 | |

GorU

學生星座繪畫圖(一)

天文觀測手冊—高中版

聖公會澳門教區中學 謝建勳老師自編教材

星座練習

第一部份：請在表格中畫出所屬星座，並寫出所屬星座最亮的星名名稱。

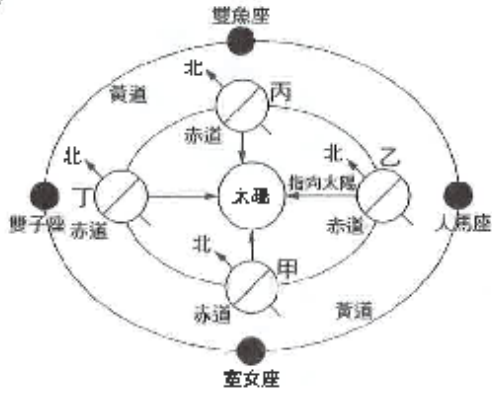
| 星座名稱 | 最亮星星 (α星) | 圖形 | 星座名稱 | 最亮星星 (α星) | 圖形 |
|--------------|--------------|----|-------------|--------------|----|
| 人熊座的 北斗七星 | 天樞 | | 天蠍座 | 參宿二 | |
| 小熊座 | 勾陳一 | | 獵戶座 | 參宿四 | |
| 獅子座 | 軒轅十四 | | 你的星座 星女座 | 角宿一 | |

第二部份：請在表格中畫出大型的四季星座，並寫出所屬星座和星星的名稱。

| 季節 | 季節 | 星名名稱 | 所屬星座 | 圖形 |
|----|-------|--------------------------|--------------------------|----|
| 春季 | 春季大三角 | 大角星 參宿一 五帝座一 | 牧夫座 室女座 獅子座 | |
| 夏季 | 夏季大三角 | 織女星 牛郎星 天津星 | 天琴座 天鷹座 天蠍座 | |
| 秋季 | 秋季四邊形 | 室宿一 室宿二 壁宿一 壁宿二 | 飛馬座 飛馬座 飛馬座 飛馬座 | |
| 冬季 | 冬季大三角 | 參宿四 天狼星 南河三 | 獵戶座 大犬座 小犬座 | |

學生星座繪畫圖(二)

一做！



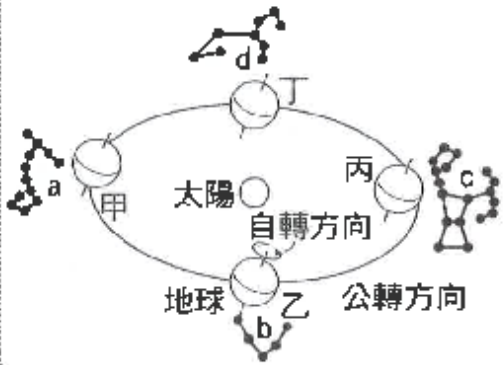
請在左圖中判斷二至二分的位號：

甲：春分 (3 月 22 日)

乙：夏至 (6 月 22 日)

丙：秋分 (9 月 22 日)

丁：冬至 (12 月 22 日)



請在右圖中判斷二至二分的位號和星座名稱：

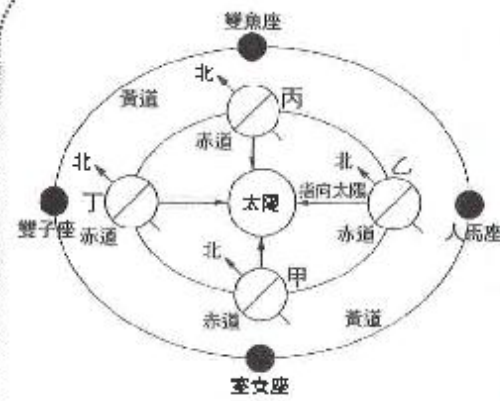
甲：夏至 乙：秋分

丙：冬至 丁：春分

a：天蠍座 b：魔羯座

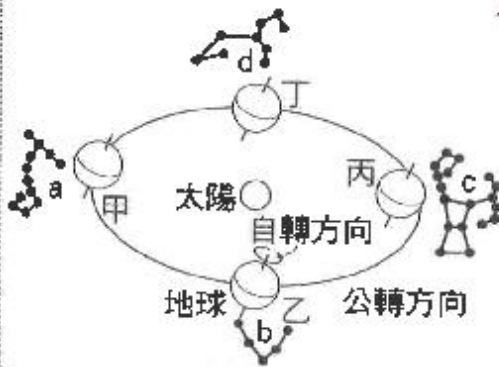
c：蝘虎座 d：獅子座

一做！



請在左圖中判斷二分二至的位置：

- 甲：春分日 (3月22日)
- 乙：夏至日 (6月21日)
- 丙：秋分日 (9月22日)
- 丁：冬至日 (12月21日)



請在左圖中判斷二分二至的位置和星座名稱：

- 甲：夏至日 乙：春分日
- 丙：冬至日 丁：秋分日
- a：天蠍座 b：魔蝎座
- c：獵戶座 d：獅子座



2013年11月8日星圖工作坊



2013年11月15日舉行戶外觀星



2013年12月01日舉行校內觀星活動

| | |
|-------------------|---|
| | 5-7 能評價人類移民火星的可能性 |
| 6. 了解木星的基本知識 | 6-1 能說出木星的名稱由來 6-2 能描述木星的物理特徵 6-3 能描述木星的內部結構 6-4 能描述木星的表面特徵 6-5 能說出木星衛星的發現故事 6-6 能描述木衛一的表面特徵和成因 6-7 能描述木衛二的表面特徵和成因 6-8 能說出伽利略號的任務和成果 |
| 7. 了解土星的基本知識 | 7-1 能說出土星的名稱由來 7-2 能描述土星的物理特徵 7-3 能描述土星的內部結構 7-4 能描述土星光環的特徵 7-5 能說出土星衛星的發現故事 7-6 能說出卡西尼－惠更斯號的任務和成果 7-7 能描述土衛六的表面特徵和成因 7-8 能描述土衛二的表面特徵和成因 7-9 能評價人類移民土衛六的可能性 |
| 8. 了解天王星和海王星的基本知識 | 8-1 能說出天王星的名稱由來 8-2 能簡述發現天王星的故事 8-3 能描述天王星的表面特徵 8-4 能歸納出天王星衛星的共同特徵 8-5 能說出海王星的名稱由來 8-6 能簡述發現海王星的故事 8-7 能描述海王星的表面特徵 |
| 9. 了解行星的視運動特徵 | 9-1 能比較地內行星和地外行星的差異 9-2 能說出地內行星視運動的三個階段 9-3 能說出觀測地內行星的時機 9-4 能說出地外行星視運動的三個階段 9-5 能說出觀測地外行星的時機 9-6 能說出行星凌日的定義 9-7 能解釋行星凌日的成因 9-8 能提供尋找系外行星的方法 |

| | | |
|------|---|---|
| | <p>10. 了解其他小天體的基本知識</p> <p>二、技能目標：</p> <p>11. 培養觀察行星的能力</p> <p>三、情感目標：</p> <p>12. 培養觀星的樂趣</p> <p>13. 培養對國際航天發展事業的好奇心</p> | <p>10-1 能說出小行星帶的定義</p> <p>10-2 能解釋小行星帶形成原因</p> <p>10-3 能識別彗星的結構</p> <p>10-4 能說出彗星的來源</p> <p>10-5 能解讀彗星編號</p> <p>10-6 能比較流星和隕石的差異</p> <p>11-1 能野外指出水星和金星的位置</p> <p>11-2 能野外指出土星、木星和火星的位置</p> <p>11-3 能野外辨認火星和木星的顏色</p> <p>12-1 願意分享辨認行星的方法</p> <p>12-2 願意分享行星的天文符號和故事</p> <p>12-3 願意主動參與觀星活動</p> <p>13-1 能主動關心各行星探索的新聞</p> <p>13-2 能主動關心系外系星探索的新聞</p> <p>13-3 能主動閱讀各類有關行星科學的書籍</p> |
| 教學重點 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 認識太陽系系統的成員和組成結構 2. 認識行星的運動特徵、表面特徵和各種分類類型 3. 認識行星視運動如大距、衝、凌日 4. 認識人類探索火星的階段和成果 | |
| 教學難點 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 按不同行星物理性質、位置，歸納出行星不同分類的方法和內容。 2. 能按不同行星的分類，推斷視運動的階段和運動方式。 3. 教授各種‘繁、難、多’的知識內容中增加學生對內容的理解、興趣和好奇心。 | |

本章節主要內容是太陽系的整體認識，內容頗為繁多、知識面較廣，以下把教材研究分為教材內容、教材編排和教材設計三部份著筆。

天文探索，夢想飛行【地理】

教材內容方面全部是自編教材為主，文章、報章的補充為副。內容主要分兩部份，一是按自編教材的內容為直接講解的學科課程，共七個課時，是預先計劃和確定好的課程與教材，以認知層面為主要內容，包括太陽系的基本概念、結構、行星的介紹、分類、特徵、矮行星的定義、行星的視運動和小天體介紹等，是本教材設計中重點章節，所以本章的教學活動所佔時間最多。學科課程雖然有其內容預測性，但往往忽視學生現實和興趣的欲求，極易與學生的生活與經驗脫節，使學生到於被動、消極，因故加插了活動課程，內容是讓學生在外利用望遠鏡直接觀測火星、木星、土星等太陽系中易見易操作的行星，共一個小時。整個戶外行星觀測是以學生的興趣、需要、經驗和能力為基礎，通過老師引導學生自己有組織地安裝、操作、觀測等一系列活動，把學科的知識不再是科學，不是文學，而是內化為學生本身的社會活動。通過學科課程和活動課程的結合能把理論化、系統化的書本知識轉移為各種學習活動，利用野外觀星和觀測活動作為學習經驗，強調學生對課程的理解、體驗。充分尊重學生的主體地位，達到以人為本、學以致用的理念。

在教材編排方面，採取的基本理念是連續性、順序性和整合性。連續性是指直線式地陳述主要的課程要素，本章節先從宏觀的太陽系觀念形成開始講起，插入歷史元素，先認識地心說和日心說歷史思辯過程，再引導學生了解日心學說如何形成現在太陽系的結構，掌握了基本知識，然後向下連續延伸至八大行星的運動和物理特徵、行星的分類、矮行星的比較，進一步地介紹每一個行星的表面特徵、內部結構、物理狀態、衛星特徵，最後介紹行星的視運動和其他小天體，順序性要求每一後繼內容以前面的內容為基礎。在各行星介紹的內容中插入航天探索的新知和成果，例如介紹水星航海號、火星好奇號和鳳凰號、木星伽利略號、土星卡西尼號等相關認識，展示其研究成果，且對有關的知識內容加以深入、廣泛地展開，這種橫向編排能夠全面開展學生跨歷史、物理、航天、化學等學科應用、了解現今科技發展新趨勢、加深學生對天文愛好情懷和國際視野。以上編排的目的是突出教學重點，解決教學難點。運用連續性、順序性和整合性的教學安排有效陳述主要的課程內容，由簡單到複雜、由低級到高級、由宏觀到微觀、逐步深化發展的規律，整合教學重點內容的橫向聯繫，有助於學生獲得統一觀念，前面呈現過的內容，後面還要呈現，且後面的內容是對前面內容的擴展、深化。最後能讓學生學會按不同行星物理性質、位置，能夠整體歸納出行星不同分類的方法和內容，且能按不同行星的分類，整體同推斷出行星視運動的方式。

最後在教材設計方面，透過多樣化教學和多媒體教學，增加學生對內容的理解、興趣和好奇心。教學需要多樣化，通過每個章節的討論和設問，提升對行星科學知識的分析思考，如金星惡劣環境成因、木星的磁場來源、移民火星的可能性等，透過多種問題，進行跨學的整合和討論，最後可以歸納出行星能孕育生命的條件，特別是各行星和衛星之間的比較，突出地球環境的獨特，培養愛護地球、珍惜環境的素養。課程中加入閱讀報章的內容使學生能更多獲得行星知識和航天新知，還有行星和衛星的圖片展示和動畫使深奧難懂的內容更形象化、內化知識。另外，有些課時內容加入學生活動，如繪畫彗尾移動方向、利用 IPAD 尋找行星、彼此分享天文符號等，學生有更多的參與，學習更為主動，有利於學生形成課程內容的認知結構，並且適當地運用短片和 BBC 天文系列影片觀賞，提供多種學習途徑等。這些多樣化的教學手段增加課堂趣味，師生更多互動，內容易吸引、易應用、易操作，增加學生成就感，試圖創造一種活動性、合作性和反思性的學習。

在多媒體教學方面，主要利用 IPAD 和電腦軟體進行整合交互式多媒體教學，Solar Walk 是本章節運用最多的軟件，以動畫講解太陽系結構、行星運動特徵、各行星的表面特徵、行星的內部結構、彗星結構等等……可展示的內容百變多樣，再以其他軟件如 Exoplanet、cometbook、Mars Globe、Stellarium 等協助，透過其 3D 圖、學年教學證茂勵情戰優特甚至活動影像這樣的特點，增加師生相交互操作、展示，提升學習者之學習成效。可按學生的學習基礎調整速度和內容，達到人機交互、立即回饋的即時效果，務求解決教學難點，把各種‘繁、難、多’的知識內容轉變為有趣、易懂、突破視覺的限制，多角度地觀察天體，並能夠突出

| | |
|----------------------------|--|
| <p>教 學 架 構</p> | |
| <p>教學方法</p> | <p>講授、觀測、討論、設問、引導教學、學習單、師生互動、交互式多媒體應用、影片導賞、學生活動</p> |
| <p>教學資源</p> | <p>自編教材和學習單、課外報章、多媒體包括電腦圖片、電腦軟件、Youtube 短片、DVD 影片、IPAD</p> |

| 教 | 1. 認知評量： A. 能回答問題 B. 能完成／填寫學生手冊章節內容 | | | | | | | | | |
|---|---|------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|----|----|------|----|------|
| 第一課時 (40min) | | | | | | | | | | |
| 教學重點：認識太陽系的基本元素、成員 | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">內容</th> <th style="width: 20%;">過程</th> <th style="width: 20%;">教學資源</th> <th style="width: 10%;">時間</th> <th style="width: 20%;">評量方法</th> </tr> </thead> </table> | | | | | | 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 |
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | | | | | | |
| 評 量 | A. 學生能評價報章內容、學生能主動閱讀行星探索的相關新聞 B. 觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等…… | | | 1min | | | | | | |
| | 4. 綜合評量： 舉辦校內觀行星活動，地點選擇學校天台，讓學生有機會把所學的知識運用到真實情況，能夠學以至用，說理和地鬼觀和好奇心。過程中觀測學生的參與程度、合作態度、星座盤使用情況、辨認行星的能力、即時講解等。 | | 圖片和板圖、電腦、Stellarium | 4min | | | | | | |
| 課 前 準 備 第 三 章、 太陽系和行星的觀測 第一節、認識太陽系 | 1. 資訊設備：電腦、投影機、IPAD | | | | | | | | | |
| | 2. 應用程式準備：Solar walk；說介紹；Comenet；Comenet；Globe；Globe；Jupiter Guide；SkySafari；星空攝影；Google Earth；Stellarium | | 圖片和板圖 | | | | | | | |
| | 3. 投影片準備：日心說圖、地心說圖、托勒密的1美分硬幣圖、行星符號圖、伽利略望遠鏡下的土星圖、金星相位變化照片、金星凌日圖、金星凌日照片、彗星軌道圖、望遠鏡下的火星照片、開普勒第一定律圖、開普勒第二定律圖、獵戶座大星雲的原恆星照片、類地行星形成示意圖 | | 密體系圖、火星大沖圖、IPAD (Solar Walk) | 2min | 火星逆行圖、好奇號 | | | | | |
| | 4. 短片 (Youtube) 準備：《How to Get to Mars, Very Cool! HD》、《太陽系的組成》、《alien_winds_descent》、《huygens_alien_winds_descent》、《Perseid Meteor Shower》、《Phoenix Mars Landing Nerves and Joy》 | | IPAD (Solar Walk) | 3min | 認知評量：能回答問題；完成學生手冊章節內容；完成課後作業 | | | | | |
| | 5. 影片 (DVD) 準備：《閱讀資料內容》、《Wonder of solar system》 | | IPAD (Solar Walk) | 3min | 情感評量：觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等 | | | | | |
| | 6. 補充教材 (新聞) 準備：《未來小行星可能成採礦中心》、《NASA否認「旅行者」1號飛離太陽系》 | | IPAD (Solar Walk) | 3min | | | | | | |
| | 7. 教材和學習單準備：自編教材和解答文觀測學生手冊—高中版 | | | 3min | | | | | | |
| 課 時 分 配 | 1. 課堂活動共七課時，每課時 40 分鐘。 2. 兩次校內觀行星實習，每次約 60 分鐘。 | | | | | | | | | |
| | 節次 | 月 | 日 | 教學重點 | | | | | | |
| | 1 | 12 | 6 | 起源介紹 認識太陽系的基本元素和成員 | | | | | | |
| | 2 | 12 | 6 | 行星的分類、水星和金星介紹 | | | | | | |
| | 3 | 12 | 6 | 校內行星觀察實習(金星、木星) | | | | | | |
| | 4 | 12 | 13 | 深入和解答 火星與火星探索 | | | | | | |
| | 5 | 12 | 13 | 木星與木星探索 | | | | | | |
| | 6 | 12 | 13 | DVD:《Wonder of solar system》 | | | | | | |
| | 7 | 12 | 14 | 影片觀賞 天王星和海王星的探索 行星和地內行星視運動 | | | | | | |
| | 8 | 12 | 14 | 地外行星的視運動、其他小天體 | | | | | | |
| 9 | 12 | 18 | 總結、學生發問和作業佈置 校內行星觀察實習(金星、木星) | | | | | | | |

一、太陽系和行星觀察教學計劃說明

二、

二、教學時間分配

| 第二課時 (40min) | | | | | |
|---------------------------------|---------------|---------|-------------------------------|------|--|
| 教學重點：行星的分類、水星和金星的介紹 | | | | | |
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
| 第三章、 太陽系和行星 的觀測 第二節、行星 | 一、八大行星的 分類 | 課題引入 | IPAD (<i>Solar Walk</i>) | 1min | 認知評量：能回答 問題；完成學生手 冊章節內容；完成 課後作業 情感評量：觀測學 生的表現行為、投 入程度、好奇心、 合作態度、創新 等…… |
| | | 類地行星的介紹 | | 2min | |
| | | 設問和解答 | | 2min | |
| | | 類木行星的介紹 | | 2min | |
| | 二、八大行星的 特徵 | 設問和解答 | 圖片 | 1min | |
| | | 開普勒定律介紹 | | 5min | |
| | 三、行星 | 水星的介紹 | IPAD (<i>Solar Walk</i>) | 5min | |
| | | 水星的深入介紹 | | 2min | |
| | | 設問和解答 | | 1min | |

| 第三課時 (40min) | | | | | |
|---|--------------|---|--|-------|--|
| 教學重點：火星與火星探索 | | | | | |
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
| 第四課時 (40min) | | | | | |
| 教學重點：木星和木星的探索 | | | | | |
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | 課題基本介紹 | DVD:《Wonder of solar system – (Solar Walk)》 | 2min | | |
| | 影片觀賞 | IPAD | 9min | | |
| | 設問和解答 | IPAD | 2min | | |
| | 設問與解答 | (Solar walk) | 1min | | |
| | | | | | |
| | 總結、學生發問和作業佈置 | IPAD | 4min | | |
| | 火星地形介紹 | | 3min | | |
| | 木星的基本介紹 | (Solar walk、 | 3min | | |
| | 火星的探測 | Exoplanet) | 4min | | |
| 第三章、 太陽系和行星 第一節、 太陽系和行星 的觀測 第二節、行星 | 三、行星 | 照片欣賞 | 圖片 | 2min | 認知評量：能回答問題；完成學生手冊章節內容；完成課後作業 情感評量：觀測學生的表現行為、投訴程度、好奇心、合作態度、創新等…… |
| | | 木星的結構 | 圖片 | 4min | |
| | | 木星的表面特徵 | 《How to Get to Mars》《Phoenix Mars Landing》 | 2min | |
| | | 短片觀賞 | 《Arriving Mars of Mars》 | 11min | |
| | | 思考 | (Jupiter Cycle) | 1min | |
| | | 鳳凰號介紹 | IPAD | 2min | |
| | | 設問和解答 | (Solar Walk) | 1min | |
| | | 木星的衛星 | | 3min | |
| | | 鳳凰號深入介紹 | | 1min | |
| | | 學生活動 | 圖片 | 3min | |
| | 照片欣賞 | | 2min | | |
| | 三、行星 | 奔衛號的介紹 | IPAD | 6min | |
| | | | (Solar Walk) | | |
| | | 火星的發現 | (Solar Walk) | 2min | |
| | | 木衛二介紹 | | 3min | |
| 照片欣賞 | | DVD：《How the | 2min | | |
| 總結、學生發問 | 影片 | Universe Works2 – Planet》 | 7min | | |
| | | | 1min | | |

| | | | |
|--|--------------|------|--|
| | 總結、學生發問和作業佈置 | 1min | |
|--|--------------|------|--|

| 第五課時 (40min) | | | | | | |
|---------------------------------|------|---------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|------|
| 教學重點：土星和土星的探索 | | | | | | |
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | | |
| 第三章、 太陽系和行星 的觀測 第二節、行星 | 三、行星 | 課題引入 | | 1min | 認知評量：能回答問題；完成學生手冊章節內容；完成課後作業 情感評量：觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等…… | |
| | | 設問 | <i>IPAD</i> (<i>Solar Walk</i>) | 1min | | |
| | | 土星的基本介紹 | | 3min | | |
| | | 設問和解答 | | 2min | | |
| | | 土星光環的介紹 | | 圖片 | | 3min |
| | | 設問和解答 | | <i>IPAD</i> (<i>Solar Walk</i>) | | 2min |
| | | 土星的觀測介紹 | 2min | | | |
| | | 動畫 | 8min | | | |
| | | 土衛六介紹 | 6min | | | |
| | | 土衛二介紹 | 3min | | | |
| | | 影片 | DVD：《How the Universe Works2 – Moons》 | | | 6min |
| | | 學生活動 | <i>IPAD</i> (<i>Star Walk</i>) | 2min | | |

| | | | |
|--|--------------|------|--|
| | 總結、學生發問和作業佈置 | 1min | |
|--|--------------|------|--|

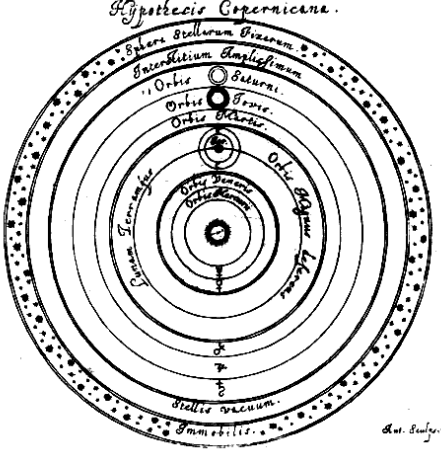
| 第六課時 (40min) | | | | | |
|---------------------------------|------|--------------------|----------------------|------|--|
| 教學重點：天王星和海王星的探索、矮行星和地內行星視運動 | | | | | |
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
| 第三章、 太陽系和行星 的觀測 第二節、行星 | 三、行星 | 課題引入 | | 1min | 認知評量：能回答問題；完成學生手冊章節內容；完成課後作業 技能評量：能野外觀測、指出、說出金星的位置。 情感評量：觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等…… |
| | | 設問 | IPAD (Solar Walk) | 1min | |
| | | 天王星的基本介紹 | | 6min | |
| | | 設問和解答 | | 2min | |
| | | 海王星的基本介紹 | | 6min | |
| | | 學生活動 | 圖片 | 3min | |
| | | 重點整理 | 自編教材 | 3min | |
| | | 學生活動 | | 3min | |
| | | 矮行星的介紹 | IPAD (Solar Walk) | 4min | |
| | 重點整理 | 自編教材 | 1min | | |
| 四、地內行星和地外行星 | 設問 | 電腦軟件 Stellarium | 1min | | |

| | | | | | |
|--|--------------|----------|--|------|--|
| | | 地內行星的視運動 | | 8min | |
| | 總結、學生發問和作業佈置 | | | 1min | |

| 第七課時 (40min) | | | | | |
|--|-----------------|------------|-------------------------------|------|--|
| 教學重點：地外行星的視運動、其他小天體 | | | | | |
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
| 第三章、 太陽系和行星 的觀測 第二節、行星 | 四、地內行星 和地外行星 | 課題引入 | | 1min | <p>認知評量：能回答問題；完成學生手冊章節內容；完成課後作業</p> <p>技能評量：能畫出彗星經過太陽時各位置時的彗尾方向。</p> <p>情感評量：學生能評價報章內容。老師觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等……</p> |
| | | 地外行星的視運動 | 電腦軟件 <i>Stellarium</i> | 8min | |
| | | 設問 | | 1min | |
| | | 行星凌日的介紹 | | 5min | |
| | | 系外行星尋找方法 | IPAD <i>(Exoplanet)</i> | 3min | |
| | | 地球與其他行星的比較 | 自編教材 | 2min | |
| 第三章、 太陽系和行星 的觀測 第三節、其他 小天體 | 一、小行星帶 | 小行星帶的介紹 | IPAD <i>(Solar Walk)</i> | 2min | |
| | | 閱讀資料 | 課外報章 | 2min | |
| | 二、彗星 | 彗星的介紹 | IPAD <i>(Solar Walk)</i> | 3min | |
| | | 學生活動 | 自編教材 | 3min | |
| | | 彗星的來源 | IPAD <i>(Solar Walk)</i> | 3min | |
| | | 設問和解答 | IPAD <i>(Cometbook)</i> | 2min | |
| | 三、流星 | 流星的介紹 | IPAD <i>(Google Earth)</i> | 2min | |
| | | 學生活動(短片) | 短片 | 2min | |

| | | | |
|--|--------------|------|--|
| | 總結、學生發問和作業佈置 | 1min | |
|--|--------------|------|--|

三、教學活動

| 第一節、認識太陽系（第一課時） | | | |
|-----------------|---|----|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究教案內容，訂立課程目標。 2. 設計教學活動。 3. 準備投影片、軟件。 <p>學生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 學生已習得第二章的內容。 2. 預習三章第一節的內容。 <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：上一課我們學習到天球系統的內容，認識到天空中星座的內涵。眾多的天體中，哪一顆星星是最亮？（學生思考）答案是太陽！太陽其實也屬於恆星，而同類繞太陽公轉的天體在天球中除了平常東升西落的周日運動外，還偶然會看見逆行現象。經過偉人的努力下，終於確立了我們現時所認識的日心說太陽體系。</p> <p>一、地心說和日心說</p> <p>➤ 【地心說介紹】：農業時化的人們日出而作，日落而息，認為太陽升落從不停歇，且相信月亮與其他星辰也都是以地球為中心在運轉著，如此逐漸發展出了「地心說」或「同心球宇宙」模型，主張：地球為宇宙的中心，恆定不動，循序向外則為月亮、太陽、行星所在的各層球殼(或稱天球)，這些天球會以不同的轉動速率繞著地球旋轉。</p> | | 1 |
| 1-1 | <p>一、地心說和日心說</p> <p>➤ 【地心說介紹】：農業時化的人們日出而作，日落而息，認為太陽升落從不停歇，且相信月亮與其他星辰也都是以地球為中心在運轉著，如此逐漸發展出了「地心說」或「同心球宇宙」模型，主張：地球為宇宙的中心，恆定不動，循序向外則為月亮、太陽、行星所在的各層球殼(或稱天球)，這些天球會以不同的轉動速率繞著地球旋轉。</p> | 圖片 | 4 |
| |  <p>投影地心說模型圖片</p> <p>同心球宇宙的結構簡單，在美學上具有相當的價值，且與人們腦海</p> | | |

中天球的形象相當符合，天體規律地運行，日復一日、年復一年，均東昇西落。若面向北方，則可以看見星體繞北極星做逆時針的旋轉，但在實際應用上，卻存在著一些缺陷。因有五顆星在某些時段內會做不規則的運行，與其他時段相比，彷彿向後退了，此種行星的「逆行」現象代表它們可在空中隨意漫步，因此這五顆星被取名為行星。



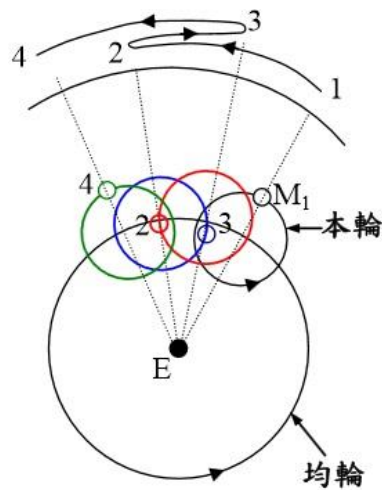
投影火星逆行照片

1-2

圖中是火星逆行圖。2007年8月至2008年4月間火星在每日午夜時的位置，這段期間內火星的軌跡並非總是筆直由西向東，11月18日附近，火星往東的速率變慢，看起來甚至像停住不動，稱之為「留」；11月18日之後，火星由東往西運動(白色虛線路段)稱為「逆行」，1月31日附近火星往西的速率又變慢了(為另一個

「留」)；1月31日過後，火星由西向東運動回復正常的「順行」。而在逆行中點12月24日的火星看起來特別大、特別亮。

「托勒密系統」描述行星逆行的方式。繼承「同心球宇宙」模型，托勒密系統以地球(E)為中心，行星(M)在本輪上，而本輪的圓心又繞著均輪運轉，均輪的圓為E，均以逆時針繞行(由黃道北極來看)。本輪與均輪轉速不同，造成行星(M)在位置2和3之間有逆行的現象。

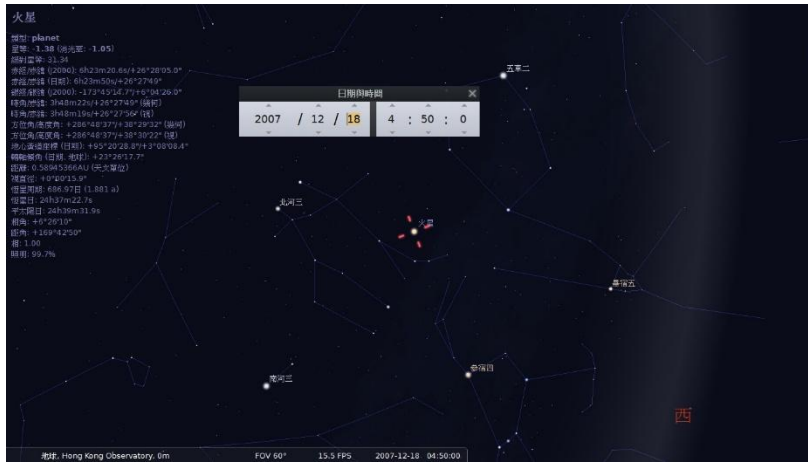


板圖

(把上圖畫成板圖)

電腦
軟件

1-3

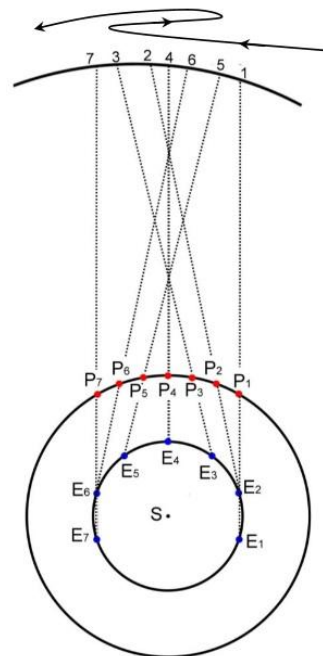


利用 Stellarium 模擬 2007 年 8 月至 2008 年 4 月間火星逆行現象

➤ **【日心說介紹】**：行星的逆行對歷經千餘年的托勒密系統而言，是相當困擾棘手的複雜現象，為了要「拯救」地心說，必須要引入越來越多的均輪、本輪來涵蓋逆行現象，而犧牲了簡單性。相反地，看似複雜的行星逆行，卻是支持日心說強而有力的證據。底下將就理論上日心說如何描述行星逆行，藉此決定出行星至太陽的距離與其公轉週期，並將這些理論值與現今的公認值比較。

在 16 世紀時，波蘭人哥白尼提出日心說理論。不同於托勒密系統，哥白尼模型中的五大行星從未真的「逆行」，而是地球與行星的相對位置的改變，所造成的視覺效應。根據哥白尼的宇宙模型，地球與行星皆繞著太陽運動，靠近太陽的行星公轉速率較快，遠離太陽的行星公轉速率較慢，這樣的速率差異造成行星位置的視覺投影產生了「後退」的現象，也就是行星的「逆行」。

圖中是哥白尼模型中的行星逆行。S 是宇宙的中心太陽，E 是地球，P 是行星，E1 到 E7 與 P1 到 P7 分別是連續七個相同時間間隔，地球與行星的位置。最上方的背景 1 到 7，則是運動中的地球看運動中的行星，在天球上的投影位置，可以發現 1-2-3 是由西朝東方向行進，3-4-5 是由東向西方向前進，5-6-7 又回到由西朝東方向前進，由此可知 3-4-5 期間產生了「逆行」。



投影火星逆行示意圖

哥白尼體系中兩個簡單的圓形公轉軌道，加上各自不同的公轉速率，就能解釋行星發生逆行時的三種現象：

①行星逆行的中間點(圖中之 P4)距離地球最近。

1-4

圖片

4

圖片

②行星逆行期間(P3 到 P5)，行星特別明亮。

③符合觀測者所紀錄「順行—留—逆行—留—順行」的運動過程。

行星的逆行運動，對舊天文學的托勒密系統來說，是個困擾的問題；但對哥白尼而言，它反而利用了此複雜現象，加上簡潔的論述，決定出天球的層次，完成了簡單、和諧、對稱與均勻的「日心說」。由於他率先建立了一個基於地動的天文學體系，哥白尼常常被稱為第一位近代天文學家，這是我們從 16 世紀科學革命至今，仍忘不了哥白尼的原因。至今波蘭還有許多哥白尼的紀念雕像。波蘭科學院外哥白尼的雕像，右手拿著兩腳規，左手拿著宇宙模型，象徵他是熱切追求自然真理的巨人。往後他的繼承者如克卜勒、伽利略與牛頓，一致堅信：日心天文學掌握了解決行星問題的鑰匙。

➤ **【重點整理】：**

| 學說 | 地心說 | 日心說 |
|----|--|--|
| 人物 | 古希臘人托勒密 | 波蘭人哥白尼 |
| 內容 | ①公元前二世紀出版《天文學大成》 ②繼承「同心球宇宙」模型，以地球為宇宙中心 ③提出行星本輪、均輪運轉 ④本輪與均輪轉速不同，造成逆行現象 | ①十六世紀出版《天體運行論》 ②地球只是引力中心和月球軌道的中心，並不是宇宙的中心 ③所有天體都繞太陽運轉 ④在天空中看到的任何運動，都是地球自轉和公轉引起的 |

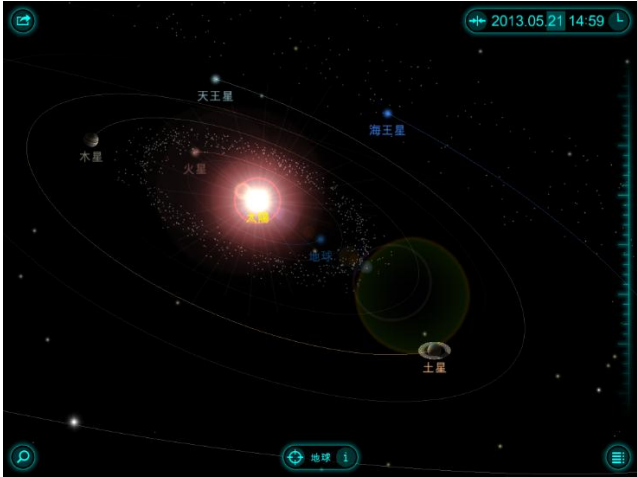
1-5

IPAD

2

二、太陽系的組成

➤ **【介紹】：**日心說確立現代天文學的初型，建立了太陽系理論基礎。太陽系是由太陽、行星及其衛星、小行星、彗星、流星和行星際物質構成的天體系統，太陽是太陽系的中心。在龐大的太陽系家族中，太陽的質量占太陽系總質量的 99.8%，八大行星以及數以萬計的小行星所占比例微忽其微。它們沿著自己的軌道萬古不息地繞太陽運轉著，同時，太陽又慷慨無私地奉獻出自己的光和熱，溫暖著太陽系中的每一個成員，促使他們不停地發展和演變。

| | | | |
|-----|--|--------|--------|
| 1-6 |  | IPAD | 2 |
| | <p>利用 Solar walk 模擬太陽系，讓學生初步欣賞各類行星、衛星、彗星、小行星等天體的形態、特徵和運動方式</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 【設問】 (IPAD)：太陽系的範圍是多少？（學生思考回答） ➤ 【解答】：其實太陽系邊界並無確實的範圍，是需要定義的，以下有四種國際上太陽系邊界的定義。（利用 IPAD 模擬太陽系各項定義的邊界） <ul style="list-style-type: none"> ①以冥王星軌道為邊界約為 40 天文單位。 （天文單位是指太陽到地球平均距離，約 1.49 億公里，稱 1AU） ②按彗星起源假說中的柯伊伯帶，是 50~1000 天文單位；依奧爾特雲，是 10 萬天文單位~0.5 光年。（這內容會再日後的課程再補充說明） ③依太陽風層頂，為 100~160 天文單位。 ④理論計算得到的太陽系引力範圍為 15~23 萬天文單位。 ➤ 【閱讀資料】：《NASA 否認“旅行者”1 號飛離太陽系》 ➤ 【設問】： <ul style="list-style-type: none"> ①旅行者 1 號初期和後期的任務分別是什麼？ ②現時旅行者 1 號距離地球多少 AU？這個位置位於太陽系中那一類天體軌道？ ③NASA 科學家以什麼標準說明旅行者 1 號還未逃離太陽系？ ④為何要在旅行者 1 號內安裝鍍金碟片和配套的播放機？ | 3 3 | 3 3 |
| 1-7 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 【解答】： <ul style="list-style-type: none"> ①初期是拍攝木星、土星和其衛星和環；後期的目的是進行星際探索任務，探索太陽系的邊界。 ②180 億公里／1.49 億=121AU；位於柯伊柏帶。 ③太陽磁場方向的改變／太陽風最遠到達的範圍。 ④探索外星文明。 <p>三、太陽系的起源</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 【介紹】：很多科學家不斷研究太陽系外還有沒有另一個類似地球的行星，但必須先了解太陽系的起源和形成機制才可開始探索系外行星，目前觀測到的新生恆星，都位於星際空間中氣體與灰塵濃密的地區，所以， | 圖片 | 4 |

科學家認為恆星係由雲氣受其自身重力吸引收縮而成。在此我們將根據太陽系的主要特性來推論太陽系的起源。我們將先說明太陽系中物質的來源，接著談一談太陽系的誕生與行星是如何形成的。

有一星際雲氣由於本身的重力影響開始塌縮，塌縮使得雲氣變扁平而且轉速愈快，最後，變成一扁平而盤狀的雲氣繞著一開始發光的恆星（太陽）。不同的物質會在不同的溫度區域（離太陽遠近）凝結。例如金屬會在溫度較高處凝結，甲烷會被熱輻射吹到溫度較低處才凝結。因此形成類地行星和類木行星的差異（後面章節會加以講解）。類地行星是經由碰撞聚集固態的物質顆粒成為微小行星，再聚集微小行星形成的。而類木行星以水冰相互吸附為起點，質量夠大後，進一步吸附氫、甲烷，形成氣體行星。

類木行星的衛星，是外圍的氣態物質，因局部渦流而形成盤狀，後來的產生而凝聚形成的。使得類木行星基本上表現的類似一個小太陽系，有許多衛星環繞著。而類木衛星的公轉與自轉也和太陽系相似。

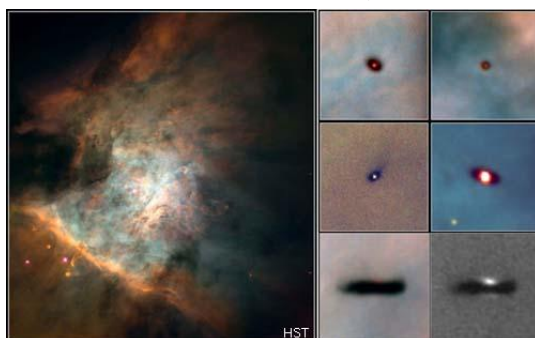
太陽熱輻射，將行星及小行星之外的其它星際塵埃吹離太陽。類木行星也將部份附近的殘渣，經由重力協助，拋到太陽系外圍，形成歐特雲與柯伊伯帶。以上是恆星演化理論，推斷太陽的年齡約 46 億年。

而幾百年前已經有人提出這種星雲演化的理論，康德於 1755 年和拉普拉斯於 1796 年各自提出關於太陽系起源的星雲學說，被稱為康得和拉普拉斯星雲說，與現時的形成理論相似。它是最早的科學的天體演化學說。這兩種星雲說的基本論點相近，認為太陽系內一切天體都有形成的歷史，都是由同一個原始星雲按照規律——萬有引力定律逐步演變而成的。目前不少天文學家認為，星雲說的基本思想還是正確的。

➤ **【重點整理】：**

太陽星雲說

①星雲物質逐漸地往中心聚集→②形成溫度和密度較高的核心，其餘物質散落在盤面上→③不同物質在圓盤上分別凝固→④物質重複碰撞成行星→太陽誕生，太陽風把剩餘物質吹到外圍。



投影獵戶座大星雲的原恆星證據

➤ **【深入】：**那麼太陽系中主要的化學物質是什麼？這些物質是從何而來？

3

影片

13

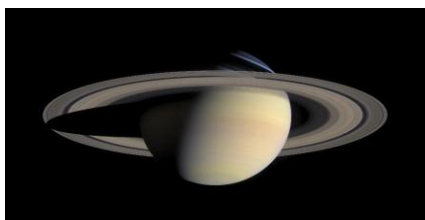
| | | |
|-----|--|---|
| 1-8 | <p>(學生思考回答)</p> <p>➤ 【解答】：太陽系中主要的是較輕的元素（如氫與氦）是宇宙大爆炸之後所留下來的，約 25%的氦，75%的氫，與極少量的其它元素。在大爆炸後，接著物質形成，物質再聚集一起，形成星系與恆星。恆星的內部產生核融合，輻射出能量並製造較重的元素。經由超新星爆炸產生比鐵還重的元素，進而將重元素散佈到太空中。這意味著：Stars have died that we might live。地球中的化學元素來自恆星死亡後產生出的重元素。（這部份內容會再日後章節詳細講解）</p> <p>➤ 【影片】：《Wonder of solar system－Order out of Chaos》(9:00→22:00)</p> <p>➤ 【佈置作業】：完成《天文觀測手冊高中版》附錄一問題。</p> <p>➤ 【總結】：隨著現代天體物理學和物理學的發展，日心說逐漸取代地心說，過去天文學的發展由形而上學領導，文藝復興時思想解放，科學的地位逐漸被認可，加上其他重要的發現如電磁學、化學、光學、幾何學等，都推動天體物理學的發展，到現在特別是恆星演化理論的建立，產生了現代星雲說，並逐漸佔了主導地位。可見，科學是不斷需要求證、推翻、更新。</p> | 1 |
|-----|--|---|

| 第二節、行星（第二課時） | | | |
|--------------|---|------|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <p>1. 研究教案內容，訂立課程目標。2. 設計教學活動。3. 準備投影片、軟件、短片。</p> <p>學生：</p> <p>1. 學生已習得第三章第一節的內容。2. 預習第三章第二節的內容。</p> <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：上一堂同學們認識了太陽系從地心說演變成日心說的事跡，由於人們對行星逆行的困惑，不斷對根深柢固的地心說提出質疑，進一步使我們人類的視野得到廣闊，把從地球中唯一的主觀意識打破，成為行星的一類，從五星繞地球旋轉變成八大行星繞太陽公轉。上一堂也有提到太陽系形成的時候，因為不同物質的冷凝速度和溫度不同，使「距離」成為行星分類的重要參數。</p> <p>一、八大行星的分類</p> | | 1 |
| 2-1 | <p>➤ 【類地行星介紹】(IPAD 介紹)：我們太陽系中的八大行星基本上可按性質分為兩大類：與地球類似的類地行星，及與木星類似的類木行星。類地行星包含比較靠近太陽的四顆行星：水星、金星、地球和火星。這四顆行星的體積與質量都比較小，但平均密度比較大，且都有固體表面，因此科學家推論這四顆行星的基本組成物質大都是岩石與金屬。此外，這四顆行星的衛星數量都很少，而且沒有光環。</p> <p>➤ 【設問】：為何類地行星有規律地靠近太陽公轉？而且面積、質量較小，而密度卻大？（同學思考回答）</p> <p>➤ 【解答】：由於距離太陽中心直徑 4 天文單位以內的區域過於溫暖以至於易揮發，如水和甲烷分子難以聚集，所以那裡形成的行星只能由高熔點的物質形成，如鐵、鎳、鋁等矽酸鹽。這些石質天體會成為類地行星。這些物質在宇宙中很稀少，大約只占星雲質量的 0.6%，所以類地行星不會長得太大。那麼越遠離太陽，溫度隨之而下降，水和甲烷分子集中成核心的機會變大，更能形成氣體行星。今天，這四個類木行星在所有環繞太陽的天體質量中所佔的比例可達 99%。</p> | IPAD | 2 |
| 2-2 | <p>➤ 【類木行星介紹】(IPAD 介紹)：類木行星則包含離太陽較遠的四顆巨星：木星、土星、天王星和海王星。這四顆行星的體積與質量都比較大，但平均密度很小。如土星的密度只有 0.7g/cm^3，甚至比水還小！如果宇宙中有個夠大的游泳池可以將八大行星整個放進去，則除了土星之外，其他八顆行星都會沈入水底呢！由此推知，類木行星的主要組成成分多半</p> | IPAD | 2 |

是氫、氦、甲烷、氨等氣體與冰。此外，這四顆行星的衛星數量都很多，而行星周圍有都有光環圍繞，其中以土星的光環最壯觀，在地球上以小型望遠鏡即可看見，其他三顆行星的光環都是利用間接方式或太空船從旁飛掠時才得以見到。



利用 Solar walk 觀看太陽系中各行星的絕對位置



利用 IPAD 觀賞一系列由卡西尼號拍攝土星光環的精彩照片

➤ **【重點整理】：**

| 分類 | 成員 | 主要組成 | 平均密度 | 自轉 | 固態表面 | 行星環 | 衛星數 |
|------|----------|---------|------|----|------|-----|-----------|
| 類地行星 | 水金 地火 | 岩石 | 較大 | 較慢 | 有 | 沒有 | 沒有 或極少 |
| 類木行星 | 木土 天海 | 氫與 氦 | 較小 | 較快 | 沒有 | 有 | 多 |

二、八大行星的運動特徵

➤ **【設問】：**大家試從動畫中歸納出各個行星的運動有何共同的地方？（利用 Solar walk 模擬行星運動）

➤ **【解答】：**八大行星的主要特徵包括：共面性、同向性、近圓性。同向性就是指行星繞日公轉的方向向著同一個方向，共面性就是指行星繞日公轉的軌道面在同一平面上，近圓性指行星繞日公轉的軌道形狀接近圓形。

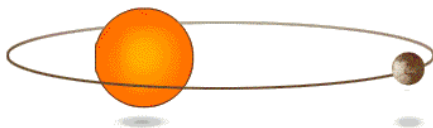
➤ **【開普勒定律介紹】：**早在 17 世紀的歐洲，已經有科學家斷定行星公轉太陽的軌道是近似圓形且具有同向性的性質，他的名字稱為開普勒，是著名的德國天文學家，開普勒非常幸運得到了著名丹麥天文學家第谷所觀察與收集、且非常精確的天文資料，成功計算到行星三大運動定律。

2

1

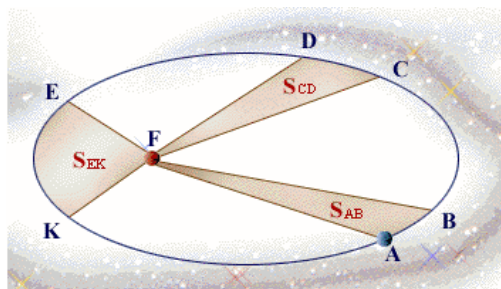
在天文學與物理學上、開普勒行星定律給亞里士多德派與托勒密派極大的挑戰。首先，他主張地球是不斷地移動的；第二、行星軌道不是周轉圓的，而是橢圓形的；第三、行星公轉的速度不等恆。這些論點，大大地動搖了當時的天文學與物理學。開普勒的三條行星運動定律改變了整個天文學，徹底摧毀了托勒密複雜的宇宙體系，完善並簡化了哥白尼的日心說。

第一定律，也稱橢圓定律、軌道定律：每一個行星都沿各自的橢圓軌道環繞太陽，而太陽則處在橢圓的一個焦點中。



投影開普勒第一定律圖片

第二定律，也稱等面積定律：在相等時間內，太陽和運動著的行星的連線所掃過的面積都是相等的。



投影開普勒第二定律圖片

第三定律，也稱周期定律：各個行星繞太陽公轉周期和它們的橢圓軌道成正比。公式是 $a^3=T^2$ （T是公轉周期；a是與太陽的平均距離）

因為我們的課程主要是以觀測為主而非理論，因此同學們可以暫時簡單了解行星第三定律中周期定律的計算，並不必要深入探討。

三、行星（八大行星的介紹中，全用 IPAD 動畫教學）

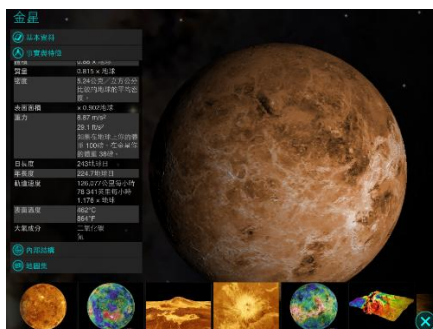
A) 水星

- **【設問】**：同學們，你們知道最近太陽的行星名稱叫什麼嗎？從模擬動畫中它有何特徵？外貌與什麼相似？有沒有大氣層？

3-1



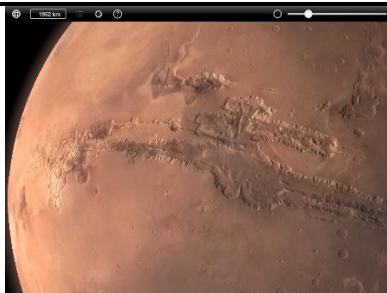
| | | | |
|------------|---|-------------|----------|
| <p>3-4</p> | <p>年間曾三度飛越水星，繪測出 45% 表面積的地圖。而哈伯太空望遠鏡卻無法觀測水星，因為水星接近太陽，如此高的溫度會使哈伯的精密儀器被強烈的太陽光所燒毀。</p> <p>B) 金星</p> <p>➤ 【設問】：同學們，你們知道全太陽系中溫度最高，環境酷熱像地獄一般的行星是什麼嗎？（使用 IPAD 顯示金星的外貌）</p> | <p>IPAD</p> | <p>5</p> |
| <p>4-1</p> | <p>利用 <i>Solar walk</i> 觀看金星的表面特徵、公轉和自轉、內部結構等</p> <p>➤ 【金星的介紹】：其實並不是距離太陽愈近溫度愈高，溫度的高低在各大行星中主要是由大氣層厚度和成份決定！因此金星才是炎熱霸主！</p> <p>中國古人稱金星為「太白」或「太白金星」，也稱「啟明」或「長庚」（傍晚出現時稱「長庚」，清晨出現時稱「啟明」）。在羅馬神話中愛與美的女神是維納斯，因此金星也稱做維納斯（Venus）。</p> | <p></p> | <p>2</p> |
| <p>4-2</p> | <p>金星的軌道半徑約 0.7AU；半徑長度與地球最相似，金星是八大行星中第二靠近太陽的行星。金星在八大行星中，有非常多項「之最」的稱號：表面溫度最高（約攝氏 450 度）、類地行星中的地表大氣壓力最高（約 90 大氣壓）、自轉速度最慢（243 天）、軌道離心率最小（接近正圓）、表面反射率最高，且是全天空除日月外最亮的星星（-3.9 等～-4.7 等）。</p> <p>➤ 【設問】：為何金星溫度高達攝氏 450 度？（同學思考，提示：與地球大氣層保溫原理相似）</p> | <p></p> | <p></p> |
| <p>4-3</p> | <p>➤ 【解答】：金星表面的大氣壓力高達 90 大氣壓，主要組成是二氧化碳。因此金星的厚重雲層產生了強大的溫室效應使得金星上的表面溫度遠超過距離比金星更接近太陽的水星，濃厚的二氧化碳加上數層達數公里厚的硫酸雲緊緊包覆著，經常降硫酸雨，使從金星之外無法窺見其表面的任何部分，因此金星是無法擁有生命最需要的「水份」，而且是生存環境也是非常惡劣。金星有時會被視為地球的姊妹行星，因為金星和地球的內部的成份與化學組成很相似、大小也類似，它們的表面撞擊坑洞很少，表示其年齡都是較為年輕的，但金星上種種惡劣是人們困惑的問題，因此人們較少去探索。另外，金星沒有磁場，是因為它的自轉速度太慢所導致。</p> <p>➤ 【深入介紹】：很神奇的是，金星的自轉週期是 243 天，公轉週期是 224 天，是主要行星中自轉最慢的，即是說金星一天比一年還要長！如果從</p> | <p></p> | <p></p> |



| | | |
|-----|--|--|
| 4-4 | <p>太陽的北極上空鳥瞰太陽系，所有的行星都是以反時針方向自轉，但是金星是順時鐘自轉，即自東向西，金星的順時鐘轉是逆行的轉動，如何解釋金星自轉的緩慢和逆行，是科學家的一個難題。但最近研究顯示金星形成初期可能由一大型星子碰撞金星，也可能是它濃厚的大氣層上的潮汐效應會減緩它原來的轉動速度，使金星的自轉方向改為自東向西，因此太陽會從西邊升起，然後在東邊落下！是眾行星中唯一一個。</p> <p>大家清楚知道金星是全天空中除了太陽、月球外最為明亮的天體，與太陽距離近的關係，使觀看金星的時只有日出或日落時刻，且較接近地平線，金星如果在日落後出現在西邊地平線上稱為長庚，如在日出前出現在東邊地平線上稱為啟明。所以當在地面使用望遠鏡觀測金星時，與月球一樣，也具有周期性的圓缺變化（相位變化），但是由於金星距離地球太遠，用肉眼是無法看出來的。金星的相位變化，曾經被伽利略作為證明哥白尼的日心說的有力證據。</p> | 3 |
| 4-5 | <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;"><i>利用 Star walk 觀看金星的位相變化和出現位置</i></p> <p>第一個造訪金星的太空探測船是1962年美國的水手2號，之後更超過20個探測船到過金星，包括金星先鋒號、蘇聯的金星7號和金星9號，而美國的麥哲倫號則正以雷達進行金星表面的地圖測繪工作。這都暗示天文學家想突破地球的空間、向外拓展。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 【影片】：《Wonder of solar system－The thin blue line》(15:00→24:00) ➤ 【佈置作業】：完成《天文觀測手冊高中版》附錄一問題。 ➤ 【總結】：（使用投影展示和播放多年來科學家所拍攝的一系列類地行星、類木行星、水星和金星的美麗照片，包括類地行星比較圖、類木行星比較圖、水星照片、水星隕石坑照片、水星位相照片、水星內部結構、金星照片、金星地面照片、金星位相照片、蘇聯的金星7號和金星9號照片等，重點整理今堂所學的知識要點） | IPAD 圖片 影片 圖片 9 3 |

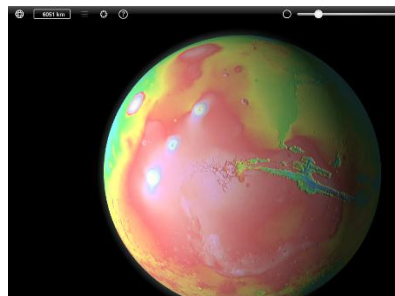
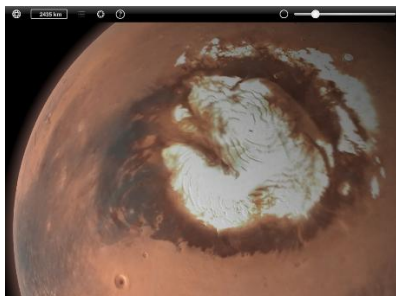
| 第二節、行星（第三課時） | | | |
|--------------|--|------|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究教案內容，訂立課程目標。 2. 設計教學活動。 3. 準備投影片、軟件。 <p>學生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 學生已習得第三章第二節（行星三定律、水星、金星）的內容。 2. 預習第二節（火星、木星、土星等）內容。 <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：同學們上一堂已經了解行星運動定律，也基本上認識水星、金星的基本資源和她們的特徵。水星和金星因為嚴苛的環境被排除成為人類可能移居行星之列，不過近年科學家不斷尋找宜居的天體，其中最近我們的候選天體也是遠在天邊近在眼前的火星！類地行星中火星的環境近似地球，也別無他選了，因為類地行星以外的木星、土星等不是離太陽遠，便是環境惡劣，最關鍵是她們都是氣體行星！人類無論在其表面登陸！今堂我們續一了解其面紗。</p> <p>C) 火星</p> <p>➤ 【設問】：同學還記得古代人要解決行星逆行問題嗎？大家還記得是什麼行星？她看起來像什麼顏色？（學生回答：紅色）</p> <p>➤ 【解答】：是火星！火星的中國古稱是「熒惑」，這是由於火星呈紅色，熒熒像火，亮度常有變化；而且在天空中運動，有時從西向東，有時又從東向西，情況複雜，令人迷惑，所以我國古代叫它「熒惑」，有「熒熒火光，離離亂惑。」之意。火星在地球人看起來是「紅色行星」，由於火星呈紅色，熒熒像火，加上有逆行現象，古像人想像她為一個活躍於戰場的將領，因此火星被稱為戰神瑪爾斯。在希臘人之前，古羅馬人曾把火星人微言輕農耕之神來供奉。而好侵略擴張的希臘人卻把火星作為戰爭的象徵，因此三月的英文名字（MARCH）也是得自於火星。</p> <p>➤ 【火星基本介紹】(全用 IPAD 介紹)：火星是太陽系八大行星的第四顆行星，介於地球與小行星群之間，距離太陽約 1.52AU，體積大小僅為地球的 1/6，而重量為地球的 1/10。為類地行星中距離太陽最遠的。火星有許多明確的地形特徵，大致看來是紅色，地表上的厚沙塵主要成份是氧化鐵，所以呈現褐紅色，在兩極有白色的冠狀區。在火星的低氣壓下，水無法以液體的形態存在，只有在低海拔區時可以短暫存在。</p> | | |
| 5-1 | | | 1 |
| 5-2 | | IPAD | 2 |

| | | | |
|-----|--|------|---|
| 5-3 | <p>➤ 【設問】：火星擁有稀薄的大氣，約有 95% 是二氧化碳、3% 是氮氣，與金星一樣，但火星的平均溫度卻比金星低，同學你認為是什麼原因？</p> <p>➤ 【解答】：雖然火星以二氧化碳為主，但因為火星比金星體積小很多，所以大氣厚度相差很多，溫室效應沒有太明顯，因此表面仍然冰冷！而水蒸氣僅佔 0.03%，非常乾燥。火星表面的平均氣溫很低，即使赤道一帶也才攝氏零下 50 度，極少的時間火星溫度會在 0 度以上。現在大家先看一看火星與太陽系的相對位置。</p> <div data-bbox="539 533 979 864" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">利用 IPAD Solar walk 軟件模擬火星公轉和自轉</p> <p>➤ 【火星地形介紹】：由以往對於火星的觀察，讓人印象最深刻的，是可以直接由中型望遠鏡看到火星兩極的白色極區，以及紅色的表面，這意味著火星的大氣並不濃厚，不像金星一樣遮蓋了整個表面。火星距離地球的距離，僅次於金星，因此成為不錯的研究題材，利用哈伯望遠鏡做觀測，即可拍到火星表面的影像。</p> <p>在探測船所拍攝的火星照片中，可以看到火星表面有如運河一般的痕跡，照片中是為火星中緯度的地區，可以很清楚的看到地表的刻痕。因此在早期的研究中，一度以為火星正面臨著前所未有的乾旱時期，因此智慧生物火星人在表面建構了網狀的輸水網，將極區的水運往低緯地區灌溉，不過這個說法已經被推翻了。經由更精確的照片資料顯示，這些火星的「運河」，可能根本就沒有水的存在。至目前為止，也沒有發現火星上的高等生命活動。</p> <div data-bbox="549 1491 903 1771" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">望遠鏡下所看到的火星照片（拍攝自 NASA）</p> | IPAD | 2 |
| | | IPAD | 4 |



利用 IPAD Mars Globe 軟件模擬火星中緯度的地區

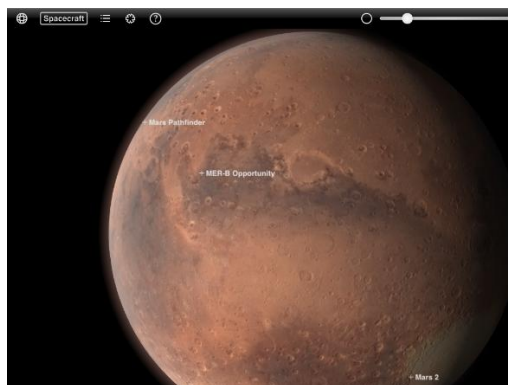
火星表面地形極富變化，北半球有佔總表面積 30% 的年輕低窪平原，南半球是遍佈隕石坑的古老高地，因此是個北低南高的不對稱結構。在火星的南北兩極，有水冰及乾冰堆積而成的巨大極冠。火星表面的極冠大部份為乾冰所構成的，在夏季時，會發現極冠的乾冰退縮，而冬季時極冠擴張。地表還有奧林帕斯山以及水手峽谷等大型的地形構造。



利用 IPAD Mars Globe 軟件觀察火星極冠、地形分布、水手谷和奧林帕斯山

奧林帕斯山為火星表面最巨大的火山，高達 27 公里，足足比地球上最高峰聖母峰高上三倍！因此號稱為全太陽系最高的火山，山脈綿延 600 公里，約為台灣的 1.5 倍長。而大型峽谷水手峽谷長超過 4000 公里，占火星周長的五分之一，是非常顯著的大型地形。

➤ **【火星的探測】：**




利用 IPAD Mars Globe 軟件觀察各類火星車登地點(包括海盜號、機會號、好奇號、鳳凰號等)

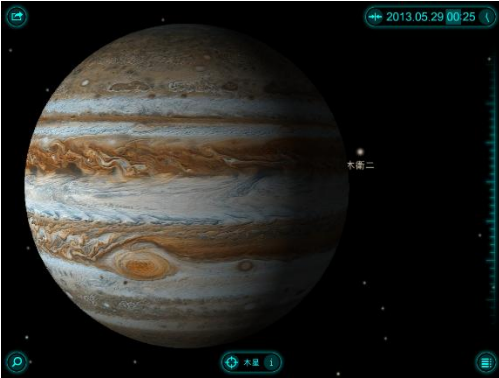
過去火星嘗試過派出太空船探測火星，第一個飛掠火星的是 NASA 的水手 4 號，於 1965 年飛掠火星，還記得它過去也探測過水星和金星嗎？

IPAD 4

| | | | |
|-----|--|---------------------|---|
| 5-4 | <p>第一個環繞火星的則是水手 9 號，70 年代首次進入火星軌道，也是第一個環繞其他行星的探測船。但第一個登陸火星的登陸器卻是 1971 年蘇聯的火星 2 號，不過很快就墜毀了，數日後，相同的火星 3 號的登陸器成功登陸火星，為第一個成功登陸火星的探測器，但登陸十幾秒後即失去聯繫。美國 NASA 也不斷派出海盜 1 號和 2 號、火星全球堪探號（IPAD 看到的模擬地形就是它提供的數據哦，但直到 2006 年失聯而結束）、火星拓荒者號和旅居者號。2003 年 NASA 發射了兩台相同的火星探測漫遊者—精神號和機會號（兩台皆於 2004 年成功登陸並工作超過預定時間。傳回的資料中最有價值的大概是兩地過去有水的確實證據。）2008 年送出鳳凰號首次發現水的直接證據，也是第二個未使用氣囊緩衝技術而成功登陸火星的太空船。而在近年 NASA 於 2011 年的發射的火星科學實驗室—好奇號，成功登陸火星的蓋爾撞擊坑。它和火星探測漫遊者一樣是火星車，但更大更快更進步。搭載雷射化學檢測儀，可在 13 公尺外分析岩石組成。比起之前其它火星任務，它攜帶了更多先進科學儀器。本次任務的總成本達到了 25 億美元，是歷來最貴的火星探測任務。</p> <p>未來針對火星的研究主力在研究大氣結構、物理和天氣、火星的衛星、尋找有機物甚至火星生命、NASA 甚至預計於 2037 年以前送人類到火星等。</p> <p>➤ 【照片欣賞】：利用 PPT 播放火星 3 號、海盜 1 號和 2 號、精神號、旅居者號、機會號一系列拍攝的照片，並加以講解。</p> <p>➤ 【短片觀賞】：《How to Get to Mars》（機會號）、《Phoenix Mars Landing》（鳳凰號）、《Amazing Movie of Mars Curiosity》（好奇號）分別是 3 分鐘、2 分鐘和 5 分鐘。</p> <p>從片中讓學生思考幾個問題彼此討論：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 這三個登陸器陸陸的方式有何不同？有什麼困難的地方？ 2. 好奇號火星車的研究方式有何特別之處？ <p>（學生可以自由表達意見）</p> <p>➤ 【鳳凰號的介紹】：是 NASA 的 2007 年火星探測計劃。這項計劃的主要目的是將著陸器送往火星的北極地區，對火星的極地環境進行探測。鳳凰號將在防熱盾、降落傘與火箭推進器的協助之下，緩緩降落在火星冰封的地表上，然後利用太陽能電池板的電力，伸出機械手臂向下挖掘，並將挖掘所得的土壤樣本送回鳳凰號，以先進的儀器對土壤中的水冰加以分析。這項任務的目的是尋找火星北極土壤中可能存在的生命特徵，對淺層地下的水冰進行研究。</p> <p>鳳凰號完成「關鍵 7 分鐘」降落程序，成功降落火星北極區，成為人類第一個降落在火星北極區的太空探測器。</p> <p>➤ 【設問】：甚麼是關鍵 7 分鐘？（學生思考）</p> <p>➤ 【解答】：還記得之前有看過鳳凰號著陸的短片嗎？所謂「關鍵 7 分鐘」</p> | <p>圖片</p> <p>短片</p> | <p>2</p> <p>10</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>1</p> |
|-----|--|---------------------|---|

| | | | |
|-----|---|---|----------------------------|
| 5-5 | <p>是指需時約 7 分鐘的一系列降落程序，讓鳳凰號以時速 2 萬多公里進入火星大氣層後，把飛行時速降到約每小時 8 公里，然後再緊急剎車，以便進行軟著陸。事前太空總署評估只有五成成功率。</p> <p>➤ 【深入介紹】：NASA 宣佈由機器人臂掘開，被切成方塊大小叢集的明亮物質，經歷四天就蒸發掉了，強烈的暗示它們是由刨冰組成的，因為暴露在外而昇華了。雖然乾冰也會昇華，但在目前的條件下他會以比觀測到的更快的速度進行。鳳凰號証實了火星上出現的是刨冰！因為液態的水在火星低壓的表面是不可能存在的，只有在最低海拔處可能存在很短的時間，當溫度達到 0℃ 以上時就會立刻蒸發。</p> <p>➤ 【照片欣賞】：投影播放鳳凰號一系列拍攝的照片，並加以講解。</p> <p>➤ 【好奇號的介紹】：這輛探測車比 2004 年登陸的火星探測車機會號和精神號重五倍，長兩倍。比起之前其它火星任務，它攜帶了更多先進科學儀器。國際社群提供部份的儀器。好奇號將會分析數十個樣本，從泥土挖出、從岩石中鑽取粉末，並預計運作至少約 2 年，比起之前任何火星探測車還要探測更廣大的區域，它的任務主要是探測火星氣候及地質，探測坑內的環境是否曾經能夠支援生命，探測火星上的水及研究日後人類探索的可行性。</p> <p>設備方面，安裝了數個精密和廣角相機，分別有化學相機（用高能鐳射在遠達七公尺外氣化分析目標，透過分析過程中發出的強光，來測定目標物的成分。）導航相機、避險相機（它們主要用來防止好奇號意外撞上障礙物，並在軟體的幫助下，讓好奇號能夠在一定程度上自主決定行走路線。）機械手臂（有鑽頭，可鑽入岩石內部採集樣本，並在機身內進行化驗，將分析結果及時回傳地球上的 NASA。）好奇號上還有一個特別裝備，就是 1 美分硬幣，同學們想一想用處是什麼？這是因為地理學家拍照時經常使用硬幣作為校準器來確保照片比例精準。雖然「好奇號」火星探測車上裝有其他更為複雜精緻的校準器，但是美國國家航空暨太空總署還是決定把這枚硬幣帶上火星，以示對傳統科學的尊重。另外好奇號在測試行駛中留下輪胎標記，以作為估計行駛距離的參考點。輪胎花紋不是普通的直線，而是點綴了對應莫爾斯電碼中的點和破折號，每個輪子印有三個字元 · - - - / · - - · / · - · · ·，翻譯成英語是 JPL，即負責漫遊車的噴氣推進實驗室名字縮寫。</p> | <p>1</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>投影</p> <p>片</p> <p>IPAD</p> <p>IPAD</p> | <p>1</p> <p>2</p> <p>2</p> |
|-----|---|---|----------------------------|

| | | | |
|------------|--|--------------------------|--|
| <p>5-6</p> |  <p>利用 IPAD Solar walk 軟件模擬好奇號火星車探勘過程</p> | <p>2</p> | |
| <p>5-7</p> | <p>➤ 【火星的發現】：近年來對火星的研究一直圍繞是否有水不停地爭議。火星地表可能遍佈著流水的遺跡，有些是洪水刻畫而成，有些則是降雨或地下水流動而形成。</p> <p>火星南北極有明顯的極冠，曾被認為是由乾冰組成，但實際上絕大部分為水冰，只有表面一層為乾冰。冬季時凝華而成，到夏季則再度昇華進入大氣，因此火星表面的確存在四季的變化，不過南極的乾冰並不會完全昇華。另外一個關於火星上曾存在液態水的證據，就是發現特定礦物，如赤鐵礦，而這都需在有水環境才能形成。最後於火星上有冰存在的直接證據在 2008 年鳳凰號發現，鳳凰號在火星上挖掘發現了八粒白色的物體，當時研究人員揣測這些物體不是鹽（在火星有發現鹽礦）就是冰，而四天後這些白粒就憑空消失，因此這些白粒一定昇華了，鹽不會有這種現象。2008 年 7 月 31 日，美國航空太空局科學家宣布，鳳凰號在火星上加熱土壤樣本時鑒別出有水蒸氣產生，從而最終確認火星上有水存在。</p> <p>➤ 【照片欣賞】：利用 PPT 播放好奇號一系列拍攝的照片，並加以講解。</p> <p>➤ 【總結】：人類不斷地向外開拓新的地方，讓人類可以移居到其他天體，如果有水的存在，是否一定有生命存在可能？火星一旦發現有水，是否必定可以讓人類移居？到目前為止的科技還有漫長的路，火星不只需要有水，且須具有如地球的大氣層密度，才能有生命的存在！另一個重要因素就是要有充足的氧氣。火星的大氣層十分稀少，由上述成分組成可得知那些因素會造成極大的溫差。在實驗室內，曾將各種不同的植物及生物體至於模擬的火星地表上進行實驗，結果大部份的植物幾乎立即死亡，而有些原始的生命體則生存的稍久些。因此水只是第一步，還有將來第二、第三步……</p> | <p>圖片</p> <p>2 1</p> | |

| 第二節、行星（第四課時） | | | |
|--------------|---|------|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究教案內容，訂立課程目標。 2. 設計教學活動，準備課外資料。 3. 準備投影片、軟件。 <p>學生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 學生已習得第三章第二節（火星）的內容。 2. 預習第二節（木星、土星、其他類木行星等）內容。 <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：上一堂同學已經清楚了解類地行星的各種特徵，也分別講解了水星、金星、火星的特徵，經過動畫的顯示後同學們還記得火星為什麼是人類最有可能移居的行星嗎？（學生回答：因為質量、自轉時間、大氣壓力、地形環境與地球相似，沒有極端的氣候環境等）目前為止人們對於類地行星以外的行星已經開始有一定了解了，大家是否知道類地行星以外是哪一種行星嗎？（學生回答：類木行星）這些行星主要是氣體為主，在前一課堂已經與類地行星作完整的比較了，這些不多詳述，以下時間讓我們開始了解這個由氣體組成，自轉速度非常快的類木行星之王，甚至是太陽系的霸主－木星！</p> <p>D) 木星（以下內容全由IPAD講解、展示）</p> <p>➤ 【設問】：從動畫中，你們可否講出木星有何特徵？(學生自由回答)</p> | | 1 |
| |  <p>利用 IPAD Solar walk 軟件模擬木星的表面、公轉和自轉運動</p> | IPAD | 1 |
| 6-1 | <p>➤ 【木星的基本介紹】：木星是太陽系從內向外的第五顆行星，亦為太陽系中體積最大、自轉最快的行星，它自轉速度非常快，地球自轉一圈需要約24小時，那麼木星自轉一圈需要多長時間？(學生自由回答)我們嘗試在動畫中顯示一下木星自轉的速度(IPAD顯示)，自轉速度是大將10小時！比地球快足足2.5倍！即是說只需要用一晚的時間就可以看見木星所有的</p> | | 3 |

表面特徵！木星與土星、天王星、海王星皆屬氣體行星，因此四者又合稱類木行星。

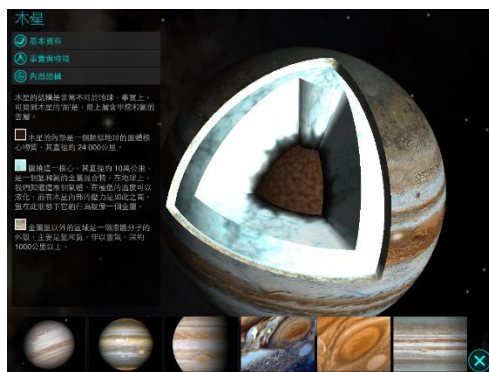
木星出現在許多文化的神話與宗教信仰。例如古羅馬人中的眾神之王朱比特（Jupiter）為它命名朱比特即是大家所熟悉的宙斯，來表達夜空中第三亮的天體的等級，僅次月亮和金星哦！而古代中國則稱木星為歲星，取其繞行天球運用一周需要12年時間，是源於天干地支，平時所說的犯太歲的「歲」是指歲星（木星），這裡已涉及曆法和部份迷信，不在這裡談及了。

木星是太陽系中體積、質量最大的行星，赤道直徑約地球的11倍！其體積足以容納1,300個地球，但木星的平均密度極低，僅是水的1~3倍，質量相當於300個地球，因此木星的引力大，對其他的行星、小行星或彗星的運行有很大的影響！如果你在地球的體重是50公斤，那麼你在木星的體重會增加5倍達到250公斤！



利用 IPAD Exoplanet 軟件比較各行星的大小

- 6-3 ➤ **【木星的結構】**：木星主要由氫組成，其次為氦及微量的甲烷組成，皆屬氣體因而歸類為氣體行星，氣體行星沒有實體表面，木星的大氣層很濃厚，厚度達3000千米，在大氣層之下有一層厚達27000公里的液態氫層，所以木星是也是一個巨大的液態行星，最外層是木星的大氣層，隨著深度的增加，氫逐漸過渡為液態，液態氫在高壓和高溫下成為金屬氫！但並不是固態哦！物態難以預測。



利用 IPAD Solar walk 軟件模擬木星內部結構

因為我們得到的有關木星內部結構的資料來源很不直接。曾經有一台專門用作研究木星及其衛星的太空飛行器－伽利略號，是首個圍繞木

IPAD 4

星公轉的探測器，伽利略號中有一個探測器，該探測器的任務是沖入木星的大氣，並在燃燒殆盡前，儘可能多的發回數據。這是個艱難的任務，與木星大氣摩擦將產生高達1萬度的高溫！在打開降落傘減速之後。獨自承受木星的風暴，高溫和巨大的壓力。探測器進入了木星的大氣。探測器成功地發回了信號，並在降落了57分鐘之後，探測器被木星發出的熱力燒毀。但這57分鐘大大地增加了我們對木星的大氣和氣候的了解。伽利略號對研究木星的衛星也作出了很大的貢獻。在伽利略號到達木星之前，人們一共發現了16顆木星的衛星。伽利略號到達後又發現了多個衛星。現在，這個數字已經上升到了63個，其後又發現了許多更細小的、離木星更遠的天然衛星，使人類所知的木星系衛星總數達到67個。其實木星的衛星早在17世紀的伽利略首度發現了木星主要的四粒衛星—稱為伽利略衛星，分木衛一、二、三和四。

衛星中體積最大的木衛三直徑甚至大於水星！這四個衛星可以用低倍率望遠鏡來觀測到，如果沒有光害和大氣穩定，甚至可用肉眼也可以看到四大衛星，利用單眼相機搭配合適的望遠鏡頭也可以輕易的在較無光害的地方拍下這幾顆伽利略衛星哦！伽利略發現這四粒衛星證實了地心說的錯誤，提供了哥白尼日心說的有力證據。關於木星衛星的介紹在日後的課堂中會有詳細的講解。



利用 IPAD Solar walk 軟件模擬木星與其四大衛星的相對位置和公轉運動

- 6-4 ▶ **【木星的表面特徵】**：還記得一開始你們看見木星的特徵主要是什麼嗎？（學生回答：大紅斑）由於木星自轉非常快速，因此大氣顯得非常地不穩定，木星的大氣其實是一個複雜多變的天氣系統，你們看見木星的雲層圖案其實每時每刻都在變化，這些都是我們在木星表面可以看到大大小小的風暴，風速達每小時400千米，而有些帶子上還會出現漩渦，這些現象要由旅行者號飛船第一次發現。還記得旅行者飛船嗎？它正在遠離我們準備飛出太陽系哦！木星眾多的風暴中其中最著名的是「大紅斑」。木星表面的大紅斑早在300年前已經被卡西尼天文學家所觀測到，大紅斑有三個地球那麼大，在2000年的時候，透過哈伯望遠鏡發現大紅斑以南形成一個小紅斑，2006年時兩紅斑擦身而過。由於木星的大氣運動劇烈，致使木星上也有與地球上類似的高空閃電。

IPAD

2

IPAD



利用 IPAD Solar walk 軟件模擬木星大紅斑和小紅斑

- 6-5
- **【思考】**：為什麼大紅斑、或木星的整體顏色是紅色的？大紅斑如何能持續這麼長的時間？（學生自由回答，科學家還未了解，因此沒有正解答案）
 - **【深入介紹】**：木星還有另一個特徵是我們地球上難以發現的，木星是有光環的！基本上光環系統是太陽系類木行星的一個共同特徵，木星雖然有一個同土星般的環，不過又小又微弱，主要由細小的石塊和雪團等物質組成。木星的光環因為很難觀測到，人類直到1979年旅行者一號飛臨木星系的時候才發現木星環的存在。木星另一個特徵是具有比地球強大得多的磁場，木星的衛星幾乎全都位於它的磁層影響之中，因此會令到某些衛星產生強大活動的原因，這部份後面會再詳細介紹，所以木星跟地球一樣，木星的兩極也有極光！（利用IPAD展示木星極光照片）
 - **【木星的衛星】**：之前我們已經認識到木星其實擁有67顆已確認的天然衛星，是太陽系內擁有最大衛星系統的行星。當中最大的4顆，統稱伽利略衛星，由伽利略於1610年發現，這是首次發現不是圍繞地球的天體體。
 第一個聲稱觀測到木星衛星的人是中國天文學家甘德於公元前364年。但到兩千年之後1609年由伽利略作出的發現才是被世界公認肯定的。1979年由增加到13粒，2003年後又發現32粒，隨著地面觀測的技術提升，外太空飛船探索後，目前為止是67顆，日後可能還會有增加。
 木星最主要的4顆衛星普遍人們會稱他們為木衛一、木衛二、木衛三、木衛四，天文一直都直接使用衛星的羅馬數字編號，但到2004年後，所有木星的命名規則名稱須為宙斯的愛人和喜歡的人。所以艾奧（木衛一）、歐羅巴（木衛二）、加尼未（木衛三）和卡利斯托（木衛四）都屬於宙斯的愛人。我們利用IPAD即時觀看現象木星的衛星相對位置。從即時模擬動畫中了解當時伽利略所觀看到的衛星位置如圖中所示，他長期觀測後發現四顆衛星的位置產生變化且繞木星公轉，圖中I即木衛一艾奧、G即木衛三加尼未木衛三、E即木衛二歐羅巴、C即木衛四卡利斯托。（利用IPAD Jupiter Guide軟件模擬木星衛星此時此刻的位置並觀看1小時後的變化，讓學生了解木星衛星隨時間而位置會變化）

1

2

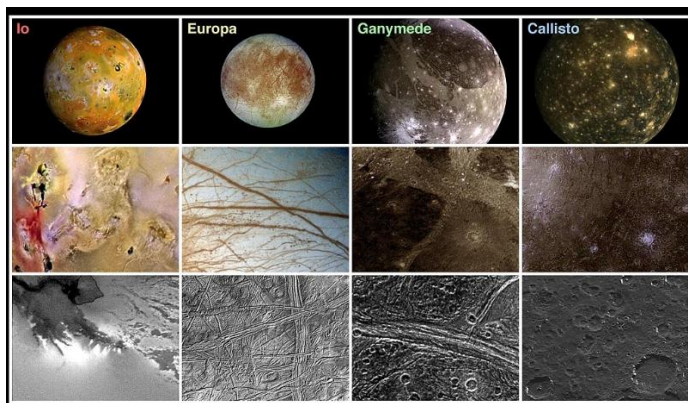
3

IPAD



利用 IPAD Jupiter Guide 軟件模擬木星衛星位置的變化

- **【學生活動】**：我們再來觀看這 4 顆衛星的外貌，同學們分別說出這 4 顆衛星的外表有何特別之處？你最喜歡哪一顆？為什麼？（利用 IPAD 首先展示圖片，還學生選擇一個喜愛的衛星並說出原因，之後用 Solar walk 展示模擬同學所選衛星的動畫，讓同學觀看其真正容貌）



利用IPAD展示伽利略衛星的圖片

- **【木衛一介紹】**：以下將會介紹最精彩的兩顆衛星—木衛一和木衛二。因為他們都是我們難以想像的世界！木衛一也稱為埃歐它的名字來自眾神之王宙斯的戀人之一埃歐（IO）。



利用IPAD Solar Walk展示木衛一埃歐的動畫

3

IPAD

IPAD

6

6-6

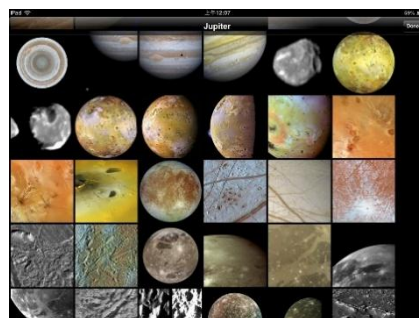
正如同學所講他的特徵是黃色和很多大大小小的黑點，其實這些黑點是活火山！而且埃歐有400座！是太陽系中地質活動最活躍的天體，有些火山造成的硫磺和二氧化硫噴發時可以攀升到500公里！爆發的火山經常產生傘形的流束，所以木衛一表面全都是黃色的硫磺，表面大部分的平原都被硫磺和二氧化硫的霜覆蓋著，其中有些山峰比地球上的珠穆朗瑪峰還要高，表面還有很多熔岩流，有些長度達到500公里，也是表面的主要特徵，熔岩流代表埃歐另一種的主要火山地形，岩漿從火山口表面的出氣孔或裂縫噴發出來，產生膨脹，形成的熔岩流類似地球上在夏威夷火山群一樣，這些火山活動讓埃歐的表面好像是一個披薩！無論是過去的航海家號和伽利略號都證實了埃歐有活躍的火山活動，主要是由矽酸鹽的岩石組成，而不是水冰組成的，接近類地行星的結構主體，科學家希望找出埃歐火山活動活躍的原因，最後發現極端的地質活動是因為埃歐內部受到木星的牽引，造成潮汐摩擦產生的潮汐熱化所導致的結果，還有是埃歐的軌道與歐羅巴和甘尼米德共振的結果。最後欣賞伽利略號探索木衛一後的精彩照片（利用IPAD播放埃歐照片並加以說明火山活動的特徵）

- **【木衛二介紹】**：另一顆較特別的天然衛星木衛二又稱歐羅巴Europa，木衛二是直徑和質量第四大，同學覺得木衛二表面有什麼特徵？（同學自由回答）



利用IPAD展示木衛二歐羅巴的動畫

木衛二是太陽系中最光滑的天體。它那些縱橫交錯的紋路，有時還會有反照效果，由於撞擊坑非常少，木衛二是反照率最高的衛星之一。木衛二表面最突出的特徵就是佈滿整個星球的暗色條紋。（從動畫中展示條紋）大一點的條紋橫向跨度可達20公里，這些寬條紋與地球板塊運動邊界有點相似，這些表層冰殼裂開時，下層較溫暖的物質暴露而引起的冰火山噴發！亦即地球中間歇泉原理，或在地球上的中洋脊有著相似的效果。科學家認為大部分的裂痕是由木星所施加的強大的潮汐壓力所造成，所以歐羅巴表面由水覆蓋，據推測厚可達上百千米，上層為凍結的冰殼，冰殼下是液態的海洋，可能



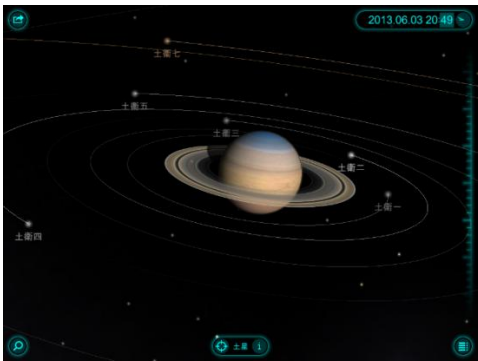
6-7

6-8

6

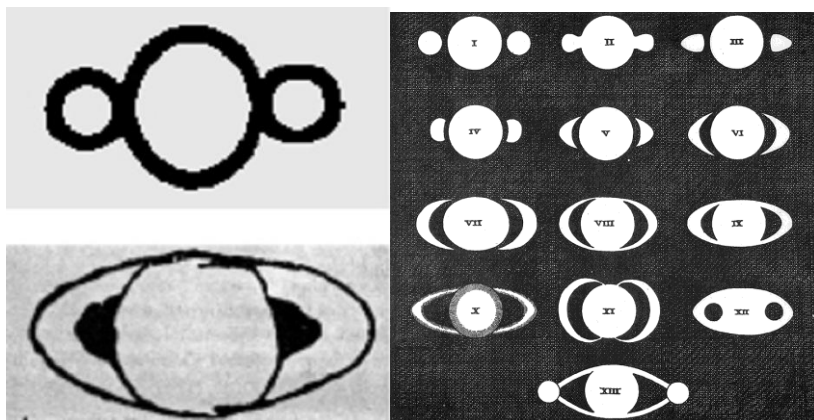
IPAD

| | | | |
|--|--|--------|--|
| | <p>存在與鹹水海洋。原因是木衛二的表面溫度在赤道地區平均約-160℃，兩極更低，只有約-200℃，所以表面的水是永久凍結的，但是潮汐力所提供的熱能可能會使表面冰層以下的水保持液態，意味著冰下海洋的存在，冰殼的厚度可能是幾千米的，也有認為是數十千米。最佳證據是木衛二表面撞擊坑，支持「厚冰」模型，當撞擊後，坑內反被新鮮的冰填充得相當平整，即證明冰下可能有海洋，冰下的海洋中可能有生命存在，可能像地球上的深海或南極海底的環境，所以未來確認木衛二的表面冰殼下是否存在海洋將會是一大任務，可能使用深度撞擊方法（用撞擊器猛烈撞擊木衛二表面以激起碎屑煙霧，讓一艘小型飛船穿過煙霧收集碎屑。因無須從木星或木衛二的環航軌道上發射著陸器——當然也省略了從衛星上重新起飛的步驟——燃料的消耗將大大縮減，故而該設想被看成是最經濟的方案之一），或發射一個著陸器直接深入內部對冰下海洋進行探查。最後欣賞伽利略號探索木衛二後的精彩照片（利用IPAD播放歐羅巴照片）</p> <p><i>利用 IPAD Solar System 軟件觀看伽利略號所拍攝的木星和其衛星照片</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 【影片】：《How the Universe Works2—Planet》(27:30→34:30)。 ➤ 【佈置作業】：完成《天文觀測手冊高中版》附錄一問題。 ➤ 【總結】：通過對木星的認識，我們了解太陽系中竟然有太多與地球物理不一樣的地理環境，在地球中所有物理屬性都不能代入木星中，世界何其之大，而銀河系中又有多少個與木星同樣屬性的天體？要懷著一股謙虛的心看世界，我們的確是多麼渺小！人類幾十年的努力，發射人造飛船衝出太陽系，至今所到之處也只是滄海一粟！ | 7 1 | |
|--|--|--------|--|

| 第二節、行星（第五課時） | | | |
|--------------|---|------|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| 7-1 | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <p>1. 研究教案內容，訂立課程目標。2. 設計教學活動。3. 準備投影片、軟件。</p> <p>學生：</p> <p>1. 學生已習得第三章第二節（木星）的內容。2. 預習第二節（土星、天王星和海王星）內容。</p> <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：上一堂講到太陽系的霸王—木星與地球所熟悉的物理狀態完全不同，包括氣體球體、高溫高壓、極強大重力、高速自轉等特徵。這些都屬於氣體行星的共同特徵，因與木星相似又稱為類木行星，例如土星、天王星和海王星。大家對這三個天體有沒有印象，我相信大家一定看過以下的天體照片，同學們知道這是什麼天體嗎？（利用IPAD展示土星照片）</p> <p>E）土星（以下將會利用IPAD講解）</p> <p>➤ 【設問】：同學們，你們可否說出以下的天體名稱？而她又有何特徵？（同學自由說出土星的表面特徵）</p> | IPAD | 1 |
| |  <p>利用IPAD Solar walk 展示土星與其衛星公轉的動畫</p> | IPAD | 1 |
| | <p>➤ 【土星的基本介紹】：土星是離太陽距離位於第六、體積則僅次於木星的行星，與木星、天王星及海王星同屬氣體巨星。為何土星叫土星？是因為中國古代根據五行學說結合肉眼觀測到的土星的顏色來命名的，所以可想而知，從地球觀測土星是黃色的！而英文的土星（Saturn）來自於羅馬神話中的農業之神的名稱，所以天文學符號中土星是鐮刀形狀。由於其低密度、高速自轉，土星的外形其實是橢球體，雖然土星核心的密度遠高於水，但由於存在較厚的大氣層，土星仍是太陽系中唯一密度於水的行星，即是說土星是可以浮於水面的！一般科學家都認為土星的內部結構與木星相似，被氫和氦包圍著的核心。內部屬於岩石核心，與地</p> | IPAD | 3 |

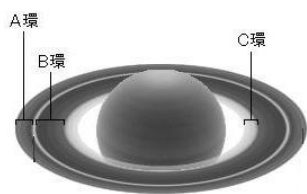
| | | | |
|------------|--|-------------|----------|
| <p>7-3</p> | <p>球相似但密度更高。在核心之上，有更厚的液體金屬氫，然後是數層的液態氫和氦層，最後在最外層是厚達1,000公里的大氣層，成份包括大部份的氫和小部份的氦，還有甲烷等。</p>  <p>利用IPAD Solar walk 展示土星內部結構的動畫</p> <p>土星繞太陽公轉的平均速度約為每秒9.64公里，但公轉一周約29.5年。（利用IPAD展示土星公轉的動畫）因為離太陽遙遠，所以公轉所需時間較長，而且即使是夏季也是極其寒冷。根據紅外觀測得知，土星表面的溫度約為-140°C。</p> | | |
| <p>7-2</p> | <p>➤ 【設問】：土星與木星兩者的表面上最大的差異是什麼？（學生思考回答）。</p> <p>➤ 【解答】：木星表面長時間都是狂暴的，相對土星在外觀上通常情況下都是比較平淡的，土星的大氣與木星相似的地方是有著一些條紋，但土星的條紋比較暗淡，其實地面使用一些集光力較高的望遠鏡也能看見土星的條紋哦！（投影老師拍攝的土星照片）</p>  <p>天文學家也通過卡西尼號分析紅外線影像發現土星有一個「溫暖」的極地漩渦，是土星上溫度最高的點，土星上其他各處的溫度是-180°C，而該漩渦處的溫度則高達-120°C。（這內容會再補充）同學們在這張照片中還能夠發現土星最特別之處是什麼？（學生回答：土星光環）</p> | <p>圖片</p> | <p>2</p> |
| <p>7-4</p> | <p>➤ 【土星光環介紹】：沒錯！在太陽系的行星中，土星的光環是全太陽系中最特別，它使土星增添不少色彩。構成光環的物質主要是是碎冰塊、岩石、塵埃、顆粒等，它們排列成一系列的圓圈，繞著土星旋轉。其實木星也有自己的光環，只是太過昏暗而看不見。有一個很有趣的故事是土星環首先被伽利略在1610年用他自製的望遠鏡觀察到，但因為望遠鏡成象不好，他並沒有意識到這是一個環。他說到：「土星不是單一的個體，它由三個部份組成，這些部分幾乎都互相接觸著，並且彼此間沒有相對的運動，它們的連線是與黃道平行的，並且中央部份（土星本體）大約是兩側（環的邊緣）的三倍大」。他也把土星描述成是有「耳朵」的。在1612年，土星環以側面朝向地球，因此看起來似乎是消失不見了，</p> | <p>IPAD</p> | <p>3</p> |

伽利略因此而感到困惑不解，「是土星吞掉了它的孩子？」最後由天文學家惠更斯觀測土星時回答：「它（土星）被一個薄且平坦的環環繞著，環與土星沒有接觸，並且相對黃道傾斜。」



投影展示伽利略望遠鏡下的土星圖畫的照片

20年後，天文學家卡西尼確定土星光環是由許多較小的環組成，中間並且有縫存在著，其中最明顯的環縫在不久之後被命名為卡西尼縫。卡西尼縫存在於A環和B環之間，寬度有4800公里。使用簡單的現代望遠鏡或是品質精良的雙筒望遠鏡就可以看見土星環，平均厚度大約只有20米，經過卡西尼號發現它們的大小從塵土的斑點到一輛小汽車的大小都有。其實土星光環是由無數大大小小的光環所組成，分別有A環、B環、C環……



投影土星 A、B、C 環

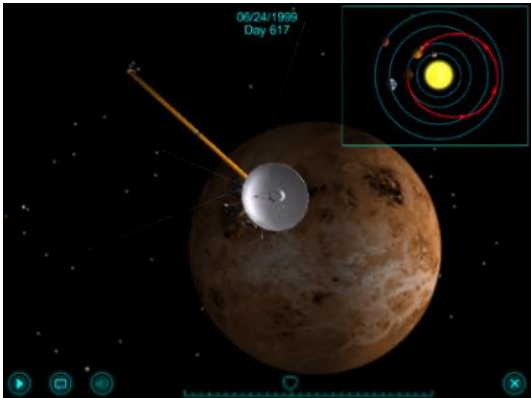


利用 IPAD Solar walk 展示土星光環的動畫

- **【設問】**：同學們有沒有想過為何土星會有一個明顯土星環？（學生思考討論）現在花一分鐘的時間讓同學想出一個意想不到的想法！
- **【解答】**：有些科學家認為環原本是土星的一顆衛星，因為軌道落入一定範圍內時，因本身不夠緊密而被潮汐力扯碎，也有第二種理論認為環從未曾是衛星的一部分，而是從形成土星的原星雲中直接形成的。
- **【土星的觀測介紹】**：在史前時代就已經知道土星的存在，在古代，它是除了地球之外已知的五顆行星中最遠的一顆，使用口徑1.5公分的望遠鏡就能看見土星環，我校的望遠鏡是1.9公分，因此一定能看出土星環！但直到1610年伽利略用望遠鏡看了才知道它的存在。他雖然起初認為是

圖片

圖片
IPAD

| | | | |
|-----|--|------|---|
| 7-5 | <p>在土星兩側的衛星，直到惠更斯使用倍數更高的望遠鏡才看清楚並認為是環。惠更斯也發現了土星的衛星土衛六（又叫泰坦，指巨人的意思，後面會有詳細講解），不久之後，卡西尼發現了另外4顆衛星：土衛八、土衛五、土衛三和土衛四。在1675年，卡西尼也發現了著名的卡西尼縫。最後直到1789年赫歇爾才再發現兩顆衛星：土衛一和土衛二（離土星最近的衛星，後面會詳解）。</p> <p>在二十世紀七十至八十年代，先後發射了拜訪土星的第一個人造天體先鋒11號，她也是去研究土星和它的光環的第一個探測器。她不僅拜訪木星。它還用了木星的強大引力去改變它的軌道飛向土星。它靠近土星後，就順著它的逃離軌道離開太陽系。十年後又派航海家1號和2號送回了第一批行星、環和衛星的高解析度影像，這是第一次人們可以看清土星表面的變化和圍繞著它的各式各樣的衛星，拍攝了更多土星衛星的近距離照片。而在二十一世紀最著名的土星探測器就是卡西尼－惠更斯號，從1997年發射，2004年才到達土星周圍，她的任務由兩部分組成：卡西尼號軌道器會環繞土星及其衛星運行四年之久，飛船將會開始花費四年之久漫遊土星及其神秘的衛星、其的光環以及複雜的磁場環境。而惠更斯號探測器則會深入土衛六濃霧包圍的大氣層並在其表面著陸。</p> <p>➤ 【動畫】：利用IPAD Solar Walk觀看卡西尼－惠更斯號從發射到任務完成的動畫，並作以講解。</p> <p>首先在泰坦四號發射→飛經金星上空→繞轉再向金星→飛經金星上空→飛經地球上空→飛經木星上空→開始科學觀測→進入土星軌道→探測土衛六→探測器與太空飛行器分離→惠更斯轉彎向泰坦→惠更斯登陸泰坦→結束。</p> | IPAD | 2 |
| 7-6 | <p>同學們觀看此動畫時有一個問題讓大家思考，為什麼卡西尼－惠更斯號要先飛向金星，再依次飛向地球、火星和木星，最後才到達土星？這做法有何意義？（觀看完學生回答－利用行星的引力增加飛行器的速度）</p>  <p>利用IPAD Solar walk 播放卡西尼－惠更斯號探索土星過程的動畫</p> <p>➤ 【土衛六的介紹】：</p> | IPAD | 8 |

| | | | |
|-----|---|------|---|
| 7-7 | <div data-bbox="587 210 927 461" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="459 488 1059 521" data-label="Section-Header"> <p>利用IPAD Solar walk展示土衛六的表面形態</p> </div> <div data-bbox="252 535 1262 949" data-label="Text"> <p>卡西尼－惠更斯號除了探測土星之外，飛行器中惠更斯號也是人類第一個登陸土衛六的探測器。其實土星有為數眾多的衛星。精確的數量尚不能確定，到2009年確認的衛星有62顆。土衛六是環繞土星運行的一顆衛星，是土星衛星中最大的一個，其體積甚至比行星水星還大，因此又稱為泰坦星，也是太陽系第二大的衛星。它是太陽系唯一一個擁有濃厚大氣層的衛星！因此被高度懷疑有生命體的存在，科學家也推測大氣中的甲烷可能是生命體的基礎。因為土衛六的大氣層在許多的波長上都是不透明的，因此地球上是不能以可見光的形式觀看土衛六表面，直到2004年的卡西尼－惠更斯號任務，才首度獲得土衛六表面的直接觀察影像。</p> </div> <div data-bbox="252 965 1262 1621" data-label="Text"> <p>土衛六表面的溫度大約是-179°C，又因為土衛六質量不大，使大氣層中的陰霾極多，雲層可能由甲烷、乙烷組成，太陽被反射回太空的反溫室效應作用極大，使它的表面與上層相較顯得異常的寒冷，這顆衛星接收到的陽光僅有地球的1%，也全靠大氣層的甲烷造成土衛六表面的溫室效應，若不是這樣土衛六的表面將更寒冷，惠更斯探測船的調查結果也表名土衛六的大氣層會定期下雨，是一種液態甲烷的物質落入地面，人們推測那裏可能有液態的甲烷或乙烷海洋。惠更斯號於2005年登陸土衛六，其降落在了一片固體陸地上，其在降落過程中與卡西尼號進行了近3個小時的傳輸，其在著落後拍攝了人類歷史上第一張土衛六表面照片。著陸10分鐘後，其開始停止傳輸數據。惠更斯號在土衛六上「存活」了90分鐘後終止工作，結束了自己的歷史使命。當初科學家也記錄了當時土衛六的大氣和雷達聲音。</p> </div> <div data-bbox="983 1160 1230 1543" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="252 1637 1015 1720" data-label="Text"> <p>（利用IPAD播放聲音檔：huygens_alien_winds_descent和huygens_alien_winds_descent_radar）</p> </div> <div data-bbox="252 1736 1262 2011" data-label="Text"> <p>據部分科學家推測，土衛六上存在生命的可能性極大。關於可能的生命先有兩個推測。第一個推測是，由於土衛六的構造及大氣成分與早期地球有相似之處，土衛六上可能的生命與地球早期的生命形態有相似。另一個推測認為，土衛六上存在的生命形式與地球不同。地球生命以水為基礎組成，而那裡的生命以液態甲烷為基礎，呼吸氫氣。2013年電影《攻·元2077》，由湯告魯斯所飾演的角色原本的任務就是駕駛太空</p> </div> | IPAD | 6 |
|-----|---|------|---|

船探索號到訪土衛六。（最後利用IPAD觀看卡西尼號拍攝土衛六的照片成果）

- **【土衛二的介紹】**：卡西尼號飛船計劃的一個優先觀測目標就是土衛二，卡西尼號共進行了4次近距離的飛掠，獲得了眾多關於土衛二表面的意義重大的信息，並發現了衛星南極地區發生的含有水蒸氣和複雜碳氫化合物的噴射現象！令科學家最困惑的是土衛二是一顆相對較小的衛星，平均直徑為505公里，只有月球直徑的七分之一，其大小也不列顛島不相上下。當時還沒有任何理論可以解釋為何一顆體積如此之小的天體依然存在著地質活動。

從動畫可以看見，分布著平坦地形，山脊，線性地縫。這些平坦地區的形成時間可能只有幾億年。所以在較近的一段地質時間裡，土衛二上必然發生了諸如「水火山」之類的地質活動，才能使得原先千瘡百孔的地表平整如初。固態水（冰）覆蓋整個土衛二表面使其成為太陽系中反射率最大的天體。

IPAD

3

7-8



利用IPAD Solar walk展示土衛二的表面形態

旅行者2號在土衛二上發現了幾種地質構造，包括槽溝、懸崖和山脊等，這些都是典型的地質構造，卡西尼號對土衛二表面進行觀測的區域的擴大使得更多的平坦地形得以發現，特別是在土衛二朝向軌道運動方向的球面上。這些地形上布滿很多槽溝和山脊，類似於南極地區的變形構造。表明這一地區受到了土星引力潮汐的影響。通過卡西尼號，科學家最終發現了土衛二上存在著噴發水和其他易揮發物質、而非矽酸鹽石塊的冰火山。首次觀測到土衛二南極地區噴發出的由細小冰晶構成的羽狀物，最後科學家成功拍攝到了土衛二南極地區類似噴泉的冰晶噴射活動。這一觀測結果使得土衛二成為第四顆被證實存在火山活動的太陽系天體，之前的三顆分別是地球、海衛一和木衛一。觀測數據顯示羽狀物中含有更多的化學物質，包括簡單的和複雜的碳氫化合物，如丙烷、乙烷，這項發現提高了土衛二表面存在生命的可能性。多種觀測儀器的觀測結果表明在土衛二南極地區，這種從受壓的地下腔室中噴發羽狀物的活動類似於地球上的噴泉。

那麼土衛二地質運動的能量從那裡來？科學家認為土衛二內部是由高密度岩石構造，這個構造類型包含了一個冰凍的地幔和一個岩石的核

心。後期土星潮汐作用則將核心的溫度提升到了，達到足以融解內層地幔。但是，若要保持土衛二地質活動的活躍性，則部分的核心也必須融化，以形成岩漿腔室，這種腔室在土星的潮汐作用下會扭曲變形，為現在土衛二上的地質活動提供能量。

科學家們觀測到了從土衛二表面噴出的水蒸氣。這一觀測結果證明了該衛星上存在著液態水，並支持了土衛二有可能存在生命的觀點。卡西尼號提供的資料顯示在土衛二卡西尼號對其所捕獲的冰晶顆粒進行分析後發現，這些冰晶顆粒是由鹽水凝集而成的一一這種狀況一般只發生於大面積的水體之中。因此土衛二之上也可能存在外星生命。另一種觀點則認為土衛二上存在的並非大面積的海洋，而是分布廣泛的溶洞，這些溶洞之中充滿了液態水。（最後利用IPAD觀看卡西尼號拍攝土衛二的照片成果）

- **【影片】**：《How the Universe Works2—Moons》(36:30→42:30)。
- **【佈置作業】**：完成《天文觀測手冊高中版》附錄一問題。
- **【學生活動】**：試使用 IPAD Star Walk 完成下列任務
 1. 尋找此時此刻木星的位置，何時出地平線，何時落地平線。
 2. 尋找此時此刻土星的位置，何時出地平線，何時落地平線。
 3. 為何木星和土星的出現時間會不同？十年之後又如何？



利用IPAD Star walk讓學生尋找土星和木星的位置

- **【總結】**：（利用IPAD播放卡西尼號拍攝的土衛二和土衛六照片）

人類在不斷向外探索的過程中發現有許多衛星的物理條件與地球都有不同的特性，木星的埃歐和歐羅巴，土星的土衛二和泰坦中都了解到埃歐與土衛二都有強大的地質運動，而歐羅巴和泰坦因其特別的大氣條件使這兩個天體極有可能孕育出外星生物，但現時人類都未有能力充分探索她們，可能未來一日人類就能派發飛行器登陸其表面進行科研工作，甚至取其資源為人類所用！不過要大家了解的一點是，當人類的太空船從進入這些天體的一刻開始可能有數以萬計來自地球的微生物進入該星球，進而污染了這一片「零污染」的世界。

影片 6

IPAD 2

第二節、行星（第六課時）

| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
|------|--|-----------------------------------|----------------------------|
| 8-1 | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：1. 研究教案內容，訂立課程目標。2. 設計教學活動，準備課外資料。3. 準備投影片、軟件和教具。</p> <p>學生：1. 學生已習得第三章第二節（土星）的內容。2. 預習第二節（天王星、海王星、矮行星、系外和地內行星）內容。</p> <p>貳、上課內容</p> <p>➢ 【課題引入】：還記得上一堂講到木星、土星皆屬於氣體行星，今堂還你們知道最後兩個行星氣體巨人天王星和海王星，但很多人會問，冥王星呢？其實自2006年後冥王星已經不屬於行星之列，由九大行星降為八大行星，而原因普遍大眾並不清楚，那麼我們應該如何稱呼冥王星？它又該屬於那一種行列？今堂將會為你們一一解答！</p> <p>F) 天王星</p> <p>➢ 【設問】：大家猜猜這是什麼行星？為何會是這種顏色？（學生思考回答）</p> <div data-bbox="564 969 957 1265" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;"><i>利用IPAD Solar walk展示天王星的表面形態</i></p> <p>➢ 【解答】：這是因為當我們以肉眼觀察的時候，藍色外觀就是因高層大氣中的甲烷吸收紅光所致。你可能會覺得，她的特徵應該與木星和土星一樣，都是由氫和氦組成？其實不是哦！她也有自己的特別之處！</p> <p>➢ 【天王星介紹】：天王星是從太陽系由內向外的第七顆行星，其體積在太陽系中排名第三（比海王星大）。</p> <div data-bbox="593 1592 925 1841" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;"><i>利用IPAD Exoplanet 展示天王星與海王星的體積大小</i></p> <p>因為和太陽的平均距離19天文單位，非常遙遠，雖然亮度是肉眼可見的，但由於較為黯淡以及緩慢的繞行速度而未被古代的觀測者認定為一顆行星。直到1781年，赫歇耳</p> | <p>IPA D</p> <p>IPA D</p> | <p>1</p> <p>1</p> <p>6</p> |

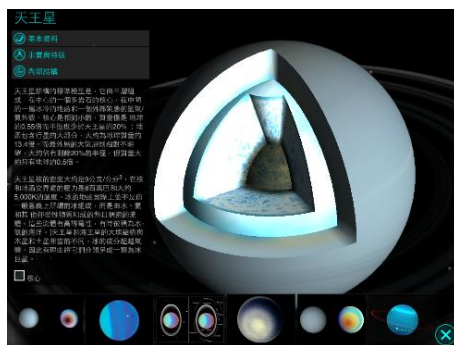
宣布他發現了天王星，從而在太陽系的現代史上首度擴展了已知的界限。這也是第一顆使用望遠鏡發現的行星！初時赫歇耳以為他看見的時彗星「…有一個星雲樣的星或者是一顆彗星」，他曾組把這粒未知星體與其他行星作比較，他說：「當我首次看到這顆彗星時，就我所有的光學放大率是227。從經驗中我知道，恆星直徑不會隨光學倍率成比例放大，如行星那樣；因此我現在將倍率設成460與932，結果發現彗星直徑隨光學倍率成比例放大，如同它應該在它不是顆恆星的推測下，而恆星直徑我比較過的不會以相同比率增加。更進一步說，被光學放大的彗星已遠超過其光度所允許，它看來在強大倍率下朦朧且不清楚，而根據我幾千次觀測我知道這些恆星會保留其光澤與清晰。結果顯示我所臆測的有充足根據，這證明是我們最近觀察的彗星。」最後1783年正式發現這粒未知星體其實是行星而非彗星。

8-2

天王星和海王星的內部和大氣構成不同於更巨大的氣體巨星。天文學家設立了另一個分類給她們稱為冰巨星。因為天王星大氣的主要成分除了是氫和氦之外，還包含較高比例的由水、甲烷等結成的「冰」，因此天王星是太陽系內大氣層最冷的行星，最低溫度只有 -224°C 。另一個特別之處是與其他的巨行星一樣也有光環、磁場和許多衛星。天王星的光環系統在行星中非常獨特，因為它的自轉軸斜向一邊，幾乎就躺在公轉太陽的軌道平面上，可以說是躺在軌道平面上的，傾斜的角度高達 97.77° ，這樣結果會造成天王星一面會被太陽持續的照射42年的極晝，而在另外42年則處於極夜。（利用IPAD展示出天王星自轉和公轉動畫）

天王星的標準模型結構包括三個層面：在中心是岩石的核，中間是冰的地函，最外面是氫/氦組成的外殼。其實這些冰的地函實際上不是平時所說的冰，而是由水和其他揮發性物質組成的熱且稠密的流體！與木星和土星相當的不同，冰的成分超越氣體，因此有理由將它們分開另成一類為冰巨星。雖然在天王星的內部沒有明確的固體表面，天王星最外面的氣體包殼，也就是被稱為大氣層的部分，主要成份是氫和氦。

8-3



利用IPAD Solar Walk 展示天王星內部結構

- **【設問】**：（利用 IPAD Solar Walk 展示天王星五粒主要衛星的圖片）同學們，根據這些動畫中顯示的衛星表面，以你所學的知識，你認為這些衛星表面條紋是什麼？（學生思考回答→地質活動）
- **【解答】**：這些天王星或衛星照片都是航海家二號於掠過天王星時所攝得的，這些衛星共同都有撞擊坑、裂谷和峽谷，被認為是來自天王星的潮汐力影響造成的地質活動！

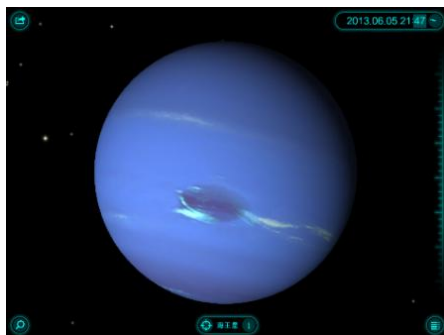
8-4



利用IPAD展示天王星和其衛星的照片

G) 海王星

➤ **【海王星介紹】**：海王星是太陽系八大行星中距離太陽最遠的，體積是太陽系第四大，和太陽平均距離30天文單位！海王星的英文（Neptune）是古羅馬海神—尼普頓，所以中文譯為海王星，希臘神話剛是海神波塞頓，這名字是不是很熟悉？因為波塞頓名字在動畫聖斗士星矢中有出現哦！因此海王星天文學的符號是波塞頓使用的三叉戟！



利用IPAD展示海王星的動畫

8-5

因為距離太遠，很多人都誤以為它是恆星，伽利略曾兩次機會觀測都誤認海王星是一顆恆星。同學可以會問，行星應該會有逆行現象，難道海王星沒有？是因為海王星在留轉向逆行的位置，剛開始退行時的運動還十分微小，以至於伽利略的小望遠鏡查覺不出位置的改變。單用肉眼觀測海王星在當時的望遠鏡技術是難以做到的，那麼以前人們是如何發現她的？很有趣的是，人們並不是直接尋找海王星，而是先計算海王星將會出現的位置，再等待她的出現！當時很多天文學家在隨後觀測天王星的記錄中顯示出與預期運行的位置有越來越大的偏差，使科學家相信天王星的運動軌跡是受到某一不知名的攝動體干涉。在1846年由一位法國工藝學院的天文學教師勒維耶，在沒有同袍的支持下，以自己的熱忱獨立完成了海王星位置的推算，使海王星成為唯一利用數學預測而非有計畫的觀測發現的行星。

因為它質量較典型類木行星小，而且密度、組成成份、內部結構也與類木行星有顯著差別，海王星和天王星一起常常被歸為類木行星的一個子類：冰巨星。雖然海王星的大氣遠比天王星的活躍，它們都是由相同的氣體和冰組成。天王星和海王星都不是木星和土星那種嚴格意義上的類木行星，而屬於另一類的遠日行星，即它們有一個較大的固體核而且還含有冰作為其組成成份。因為軌道距離太陽很遠，海王星從太陽得到的熱量很少，所以海王星大氣層頂端溫度只有-220°C，作為太陽系最外側的行星，海王星內部能量卻大到維持了太陽系所有行星系統中已知的最高速風暴。

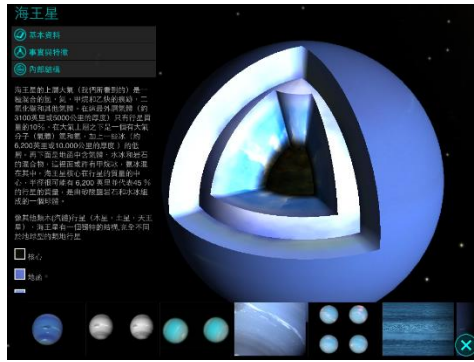
2

IPA
D

6

IPA
D

8-6

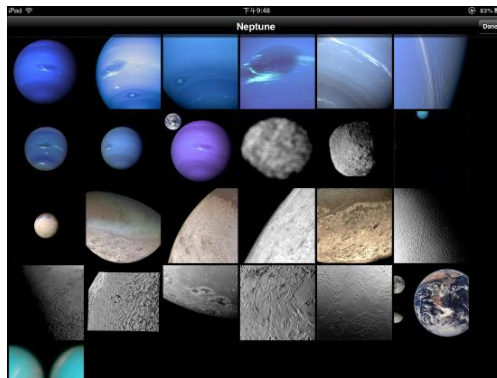


利用IPAD展示海王星內部結構的動畫

由各種冰及岩石組成，沒有明顯的分層，但組成分布相當平均，大氣主要是由氫、氦和少量甲烷組成，海王星的藍色外觀是因大氣中的甲烷吸收紅光所致，但與天王星有差異的地方是她比較蔚藍，可能是有一些未知的大氣成分加深了海王星的顏色。海王星內部結構和天王星相似，大氣層以下是海王星的地幔層，富含水、甲烷和其它成份，其實是高度壓縮的過熱流體。

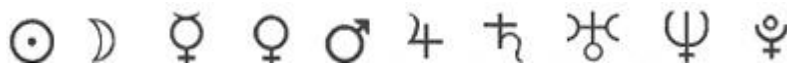
8-7

旅行者2號飛經天王星後，之後也經過海王星，飛越期間，海王星展現了著名的天氣現象—海王星的大氣有太陽系中的最高風速，它的天氣特徵是極為劇烈的風暴系統，其風速達到超音速速度直至大約2,100km/h，地球風速最大也是只12級台風，約118km/h。科學家難以解釋這種強烈風速原因，理由是海王星離太陽30AU極端遙遠的距離，太陽輻射非常小，理應風速最慢，但結果卻令人意外。圖中是太空飛行器發現的大黑斑，它是一個與歐亞大陸大小相約的台風系統！這個風暴類似木星上的大紅斑。而在大黑斑南方有一個小白斑又稱為「滑行者」，為何有這稱呼？是因為它比大黑斑移動得更快！



利用IPAD展示海王星表面的照片

➤ **【學生活動】**：之前已經把所有行星的英文名稱源由告訴大家，大家還記得嗎？以下分別是太陽、月球和八大行星的天文符號，你們能否認出這些是什麼行星？說說你的理由！



投影太陽、月球、八大行星的天文符號

1. 水星☿：旅行者的保護神墨丘利的插有雙翅的頭盔和他的神杖。
2. 金星♀：愛和美的女神維納斯手中的鏡子。
3. 地球☉：帶有赤道和一條經線的球體。
4. 火星♂：戰神瑪爾

斯的盾牌和長矛。5. 木星♃：萬神之王宙斯的閃電或他的神鷹。6. 土星♄：農神薩圖爾努斯的鐮刀。7. 天王星♅：天王星發現者赫歇爾姓氏開頭的字母H。8. 海王星♆：海神波塞冬的三叉戟。

➤ **【重點整理】**：中國古代有七曜此詞，即現代稱之為七星期。七曜是指太陽、月亮、金、木、水、火、土七個體圍繞地球運動，「謂之七曜者，日月五星皆照天下，故謂之曜。」在西方，古巴比倫人首先使用7日為一週的時間單位是有其原因的，中國唐朝時的日曜日是星期日，月曜日是星期一，火曜日是星期二，水曜日是星期三，木曜日是星期四，金曜日是星期五，土曜日是星期六。中國在民國成立後改稱星期，其中的「星」字便是指這七曜，但在日本、南韓和北韓仍沿用曜日名稱。所以日本人稱星期二是火曜日就是這個道理！後來，星期的概念隨猶太宗教衍生出來的基督教傳播到歐洲。「星期」在口語也以「方式稱呼，星期日則稱為「禮拜」，一個星期又稱為一個「禮拜」。（下表出自自編教材）

| 行星 | 離太陽距離 | 特徵 |
|-----|--------|---|
| 水星 | 0.4AU | ①沒有大氣層。②早晚溫差最大。③質量和體積最小。 |
| 金星 | 0.7AU | ①自轉方向相反。②擁有濃厚的二氧化碳，氣壓和溫度最高。③地球上可觀測最亮的行星。 |
| 地球 | 1AU | ①密度最大。②平均溫約15度。③唯一具有生命。 |
| 火星 | 1.5AU | ①氣壓較低。②平均溫約-60度。③兩極有固態的水冰和乾冰。 |
| 木星 | 5.2AU | ①質量和體積最大。②衛星最多，共有67個。③有大紅斑。④木衛三是太陽系最大的衛星。 |
| 土星 | 9.5AU | ①有明亮的土星環，如著名的卡西尼縫。②泰坦是土星最大的衛星，唯一一個擁有大氣層的衛星。③密度最小。 |
| 天王星 | 19.2AU | 自轉軸是躺在軌道平面上。 |
| 海王星 | 30AU | ①溫度最低。②太陽系中風速最高。 |

➤ **【學生活動】**：完成《天文觀測手冊高中版》3-2「做一做」問題。

➤ **【設問】**：大家應該有聽過九大行星嗎？知道第九顆稱什麼嗎？（學生回答冥王星）。沒錯！首先看一看動畫中顯示冥王星的軌道與其他行星有何不同？她的位置與其他行星的位置又有特別？（學生思考回答）

➤ **【矮行星的介紹】**：首先要把故事提前2005年開始，2005年7月位於距離太陽97個天文單位遠的位置竟然發現了與九大行星同樣有公轉軌道的天體稱為閼神星，公轉周期為557年，因為閼神星看起來比冥王星要大，所以一開始它的發現者和NASA把其稱之為太陽系的第十大行星，所以有一段時間有聽聞過十大行星！但之後陸陸續續竟然發現更多的「類行星」天體以及其他類似大小天體的發現。

3

IPA
D

圖片

3

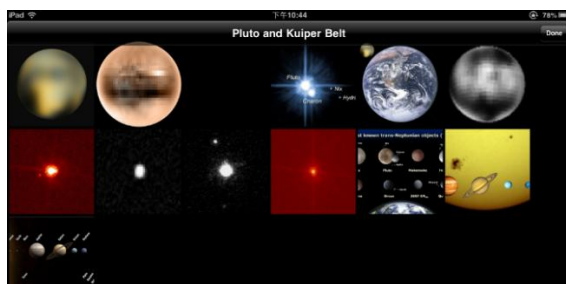
自編
教材



利用IPAD Solar Walk 展示冥王星公轉的動畫

促使國際天文聯合會第一次重新進行行星定義，這某些天體定義為矮行星，一、以軌道繞著太陽的天體；二、有足夠的質量以自身的重力克服固體應力，幾乎是球形的；三、未能清除在近似軌道上的其他小天體；四不是行星的衛星，或是其他非恆星的天體。最終把冥王星從行星改列為矮行星，那麼同學從動畫中你認為她未能滿足行星那一個條件？

（學生思考回答：未能清除軌道上鄰近的小天體）根據2006年IAU的行星定義，矮行星共有五顆包括冥王星、穀神星、妊神星、鳥神星、鬩神星。（利用IPAD Solar walk展示出她們的位置、動畫和照片）



利用IPAD 展示各類矮行星的照片

➤ **【重點整理】：**

| | |
|-----|--|
| 行星 | ①以固定軌道繞行恆星的天體。②其質量不致於大到讓該天體發生核融合而發光形成恆星，但卻大到能產生足夠的重力讓自身保持圓球狀。③吸引清除其軌道區域中的其他小天體。 |
| 矮行星 | ①外形呈圓球形，有固定的軌道，但其質量不足以吸引清除其軌道區域中的其他小天體。如：昔日九大行星中的「冥王星」。②國際天文聯合會推翻了昔日九大行星的科學認知，將「行星」分類為「傳統行星」及「矮行星」，冥王星改列屬矮行星。③目前已被歸類為矮行星的天體有五，較出名的有如冥王星、穀神星和體積最大的鬩神星等。 |

2-6

四、地內行星和地外行星

➤ **【設問】：**從動畫中有沒有發現有兩粒行星只能在日出前或日落後才能看見其真面目？大家能說出哪兩粒行星嗎？思考原因。（利用Stellarium模擬水星和金星的日出和日落前後的位置）

➤ **【地內行星的視運動】：**共有金星和水星出現於太陽日出和日落前後，因為按照行星相對於太陽的視運動，可把行星分為兩類：①地內行星，即地球軌道以內的水星和金星，它們總是在太陽附近來回擺動，角距離有一定範圍；②地外行星，即地球軌道以外

2

4

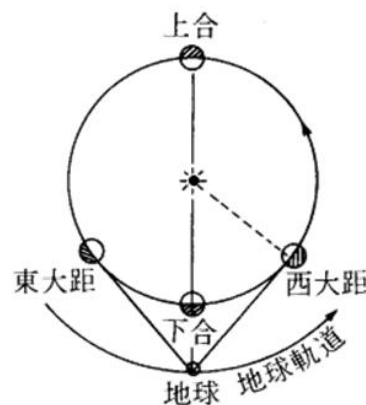
自編教材

IPA

的火星、木星、土星、天王星、海王星，它們和太陽的角距離不受任何限制。

(投影展示地內行星公轉圖並講解)

地內行星和太陽的地心黃經相等時，稱為合日，簡稱‘合’。經過合以後，地內行星逐漸偏離太陽向東。在這種情況下，太陽落山后，它出現在西方天空，故稱為昏星。地內行星向東偏離太陽的角距離一天天增加，當達到一定的角度不再增加時，稱為東大距。東大距以後，它又一天天靠近太陽，只要仍在太陽以東，還是昏星。當它再次和太陽重合時，它又‘合日’。此時，它幾乎和太陽一齊從東方升起，白天它淹沒在太陽的光輝之中，傍晚又和太陽一齊下山，所以我們看不見它。合以後，它便偏離太陽往西。



它先於太陽落山，傍晚看不見。但它先於太陽升起，在黎明前的東方可以看到，故稱為晨星。此後它向西偏離太陽的角距離一天天增加，一直到‘西大距’為止。過了西大距，它又一天天靠近太陽，一直到再與太陽相合。以後它再次成為昏星，重複上述視運動。為了分清兩次合，我們把成為昏星以前的那次合稱為‘上合’，另一次合稱為‘下合’。連續兩次上合或兩次下合的間隔時間叫作會合週期。在一個會合週期中，地內行星視運動可以簡單歸結為。

1. 上合→東大距→下合→西大距→上合
面行星的視運動會出現下列順序
2. 看不見→昏星→看不見→晨星→看不見

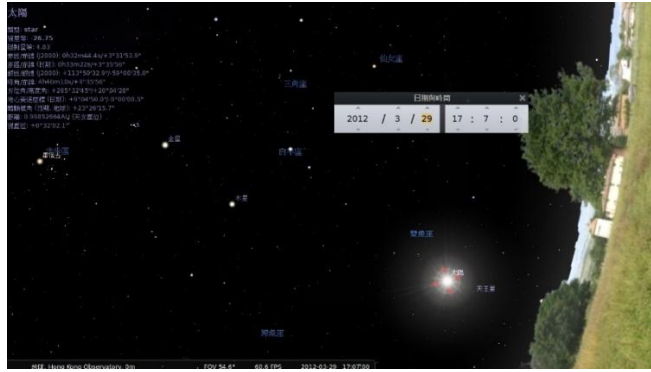
(以下將會利用Stellarium展示以上複習的概念)

以金星為例，金星是天空中除太陽和月亮之外最亮的天體，自古就有「太白金星」、「長庚」（日落時所見）與「啟明」（日出前所見）等稱呼。它將在3月27日達東大距位置，此後直到6月6日內合前，不僅非常明亮而容易觀察，而且它的形狀和大小也將變化劇烈，為觀察這顆超級明星最棒的時機。其中在4月中旬到5月上旬期間，更將達到最大亮度-4.7等，是2010年12月初迄今最亮之時，若天空晴朗乾淨，連在白晝也可用肉眼見到金星，不過最佳觀看時機還是日落之後，西邊天空最亮的星子就是金星，金星下方、比金星稍暗些的白色星星則是木星。金星東大距時金星與太陽的距角約46度，亮度-4.5等，日沒黃昏時朝西方仰角約45度的天空觀看，就可輕易看到金星明亮的光點。如果透過望遠鏡觀察，會發現金星呈現半圓形的「弦月狀」。

以下利用Stellarium，設計以下情境：

1. 設定日期2012年3月29日17時，顯示澳門地區金星東大距時與太陽的相對位置。（因此金星與太陽的視角距離最遠，日落後金星的亮度較大）
2. 把東大距時的金星放大，讓學生觀看弦月狀的金星相。
3. 把日期由3月29日不斷快播到6月6日，展示金星由東大距到下合的位置變化。（因此金星與太陽的視角距離不斷縮小，日落後金星的亮度愈來愈暗）
4. 把接近下合位置時的金星放大，讓學生觀看灣月狀的金星相。

9-1



利用Stellarium展示金星由東大距到下合時與太陽的視運動位置動態變化

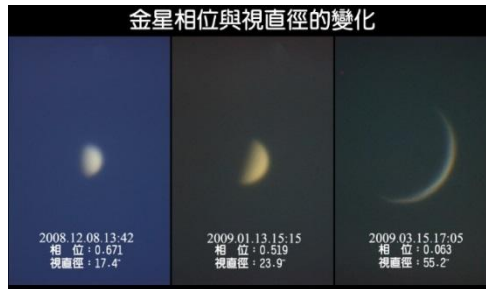


利用Stellarium展示金星由東大距到接近下合時的相變化

由於太陽、金星和地球彼此相對位置和距離持續改變的關係，金星的形狀也會如同月亮一般有相位的變化，亮度和視直徑大小也會改變。金星的相位變化是太陽八大行星中最明顯、最容易觀察的，以口徑5公分以上的望遠鏡就可以觀察；而它的相位變化還伴隨著大小和亮度的變化，這一點連月亮都比不上，非常有趣呢！東西大距因金星離太陽的離角最遠，在地球上可見的內行星仰角高度最高，為最容易觀察內行星的時機；而外合與內合點時，則因地球上所見內行星方向與太陽相同，為最不適合觀察內行星的時機。

電腦
軟件

圖片



投影展示金星月相變化照片

9-2

► **【總結】**：八大行星各有特色，你們最喜歡那一個？各行星的衛星也非常特別，有些甚至有大氣層和孕育生命的條件，例如木衛二、土衛二和土衛六，我們相信人類必定能解開生命之謎！最後我們也學會了行星的觀測，地內行星因為接近太陽關係，必須在日出前或日落才可看見金星和水星，而且有行星的相變化，非常有趣！當它們在大距位置附近時，從地球所見金星與太陽之間的距角最遠，是日落或日出時所見金星仰角最高、最容易看到之時，亦即下合或上合時我們是不能觀看金星和水星的，不過只能在一個條件之下，下合位置也能看見金星和水星，同學們猜猜這個原理是什麼？下一堂將會為大家解答！

1

圖片

9-3

夜，並逐日提前。

當地外行星走到地球背後，與太陽、地球又同處一線時，叫作‘沖日’。這時，它與太陽的角度恰好是180度，太陽剛從西天落下，它就從東方升起，所以一整夜都可以看見。沖以後，地外行星慢慢偏東，到了太陽的東方。這時，它由東方升起的時間也就從傍晚太陽落山提早到了下午。等太陽落山后，它已經在東南方的天空了，大半個晚上都可以看到，直到下半夜才由西方落下。然後，地外行星繼續偏移，當走到“東方照”時，太陽一下山，它就出現在了南方天空，到半夜時分在西方落下。這時，我們只能在前半夜看到它。“東方照”後，地外行星繼續由東靠近太陽，直至再次發生“合日”。

(以下將會利用Stellarium展示以上複習的概念)

9-5

以下利用Stellarium，設計以下情境：

1. 設定日期2009年10月29日06時，顯示澳門地區火星西方照時與太陽的相對位置。
2. 把西方照時的火星放大，讓學生觀看弦月狀的火星相。
3. 把日期由2009年10月29日06時不斷快播到2010年1月29日，展示火星由西方照到衝日的位置變化。(還學生了解火星一年中有一半的時間出現在夜晚)
4. 把接近衝日位置時的火星放大，讓學生觀看另一種火星相。
5. 設定日期2010年5月4日06時，顯示澳門地區火星東方照時與太陽的相對位置。
6. 把日期由2010年5月4日06時不斷快播到2011年2月4日，展示火星由東方照到合日的位置變化

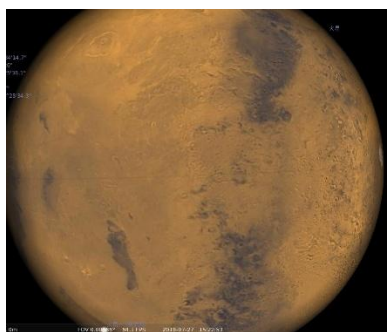


利用Stellarium展示火星由西方照到衝日時與太陽的視運動位置動態變化

地外行星的‘沖’和‘方照’是週期性發生的。它的一個週期可以簡單歸結成如下過程：合一西方照—沖—東方照—合（看不見—午夜升起—整夜可見—午夜落山—看不見）。發生‘沖’時，地外行星距離地球最近。當沖發生在行星軌道的近日點附近時，叫作‘大沖’，這是觀測外行星，尤其是觀測火星的最好時機。下一次大沖則是2018年7月27日

電腦
軟件

哦！



利用Stellarium展示2013年和2018年火星視直徑的比較

認識行星的衝日現象能讓我們能選擇適當的日子發送發射器到火星，在太陽系八大行星之中，火星也是除金星外距地球最近的行星。大約每隔26個月就會發生一次火星衝，地球與火星的距離在衝日期間會達到極近小值，通常只有不足1億千米，而在火星發生大衝時，這個距離甚至不足6000萬千米，對於太空飛行器探索火星時可以減少大量燃料和時間，是具有極高的參考價值，因為你會發現美國派發火星探測器的時間通常是每兩年一次就是這個道理。

➤ **【重點整理】：**

- ①水星和金星運行的軌道在地球軌道之內，因此稱為「地內行星」。
- ②由於它們都離太陽很近，只會出現在黎明或黃昏時段。
- ③最佳觀賞時間是它們位於「大距」位置時。東大距是黃昏時段，西大距是黎明時段。
- ④火星、木星、土星、天王星、海王星運行的軌道在地球軌道之外，因此稱為「地外行星」。
- ⑤最佳觀賞時間是它們運行到「衝」的位置時。日落後行星便東升，整夜可見。

➤ **【設問】：**那裡當地內和地外行星位於合日時位於地球的我們是否一定不能看見美麗的行星？（學生自由回答）

➤ **【行星凌日】：**答案是對一半錯一半，當地外行星位於合日時，在地球的我們的確無法利用望遠鏡看見火星、木星等地外行星，理由是太陽太光了！不過地內行星的軌道因為位於地球與太陽之間，可能在公轉期間金星、水星不經意地走過太陽盤面，進行產生了一種類似‘食’的現象，但為了不同於月球和太陽的‘食’，行星的食現象我們稱為凌日現象。

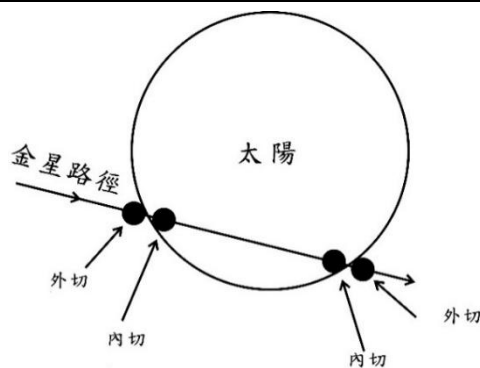
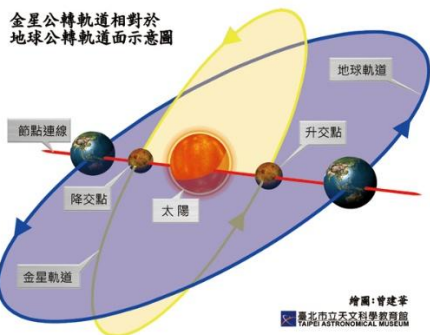
以「金星凌日」現象為例。所謂「金星凌日」，可以將之當作縮小版的日食：當太陽—金星—地球三者幾乎成一直線時，地球上的人便可見到一顆大大的黑點遮住一部份太陽盤面，並幾乎以等速在日面沿一直線逐漸移動的景象。

9-6

電腦
軟件

1

5

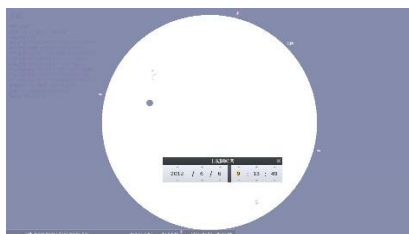


投影 2012 年金星凌日示意圖

金星是太陽系八大行星中離太陽第二近的行星，地球則排第三名，且金星繞太陽公轉的速度比地球快，因此從地球上觀察，可見到金星偶會行至地球與太陽之間，發生金星凌日的現象。不過因金星公轉軌道相對於黃道面有3.4度的傾角，因此並非每次金星通過地球與太陽之間，都會從太陽正前方通過而發生金星凌日；唯有當金星通過軌道升交點或降交點時才有可能發生凌日現象。

上兩次金星凌日發生於2004年和2012年，下一次發生金星凌日是2117年12月11日，若人一生中未能見到1組金星凌日，或許終其一生都不能再見。人類發現金星凌日有兩個重要的科學意義，一是可藉機計算日地距離，但此項現在的歷史意義大於科學意義。二是以類似方式可尋找太陽系以外的行星系統。（這稱為凌日法，專門尋找系外行星的）但同學別失望，因為水星凌日將發生於2016年5月9日，佳時同學將可以全程觀看哦！道理與金星凌日一樣，只是黑點較小。

金星凌日的成因與日食相同，只是遮蔽太陽的金星看起來比較小，大概是太陽視直徑的3%，相當於若太陽像籃球這麼大，則金星看起來約僅葡萄乾大小，與大型黑子群相當，故「視力好」的人可以輕易地以肉眼看見日面上的金星黑影。建議有興趣的人可以利用下列方式來觀察這難得一件的金星凌日現象。不過，要很鄭重地提醒大家：太陽觀測是件危險的工作，絕對不可在毫無任何保護裝置之下，用肉眼直視太陽，因為可能會造成眼睛的永久損傷！（在太陽的課程中詳細講解）最後利用電腦模擬2012年6月6日金星凌日的動畫過程。



利用Stellarium播放6:00~~13:00金星凌日全過程的動畫

- **【系外行星尋找方法】**：系外行星是在太陽系之外的行星。數百年來，許多哲學家 and 科學家都認為在太陽系以外應該也有行星的存在，但是沒

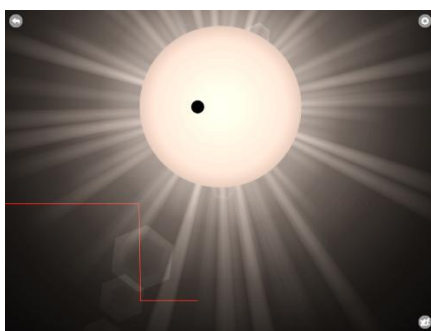
圖片

9-7

9-8

有辦法知道行星有多普遍，或是與太陽系行星的相似度又是如何。後來人類發送一顆名為克卜勒衛星，負責尋找系外行星任務！發現的太陽系外行星，特別是軌道位於適居帶，極有可能有液態水存在表面的那些行星，還因此可能有生命，提高了搜尋外星生命的興趣。因此，尋找太陽系外的行星還包括尋找適居行星。

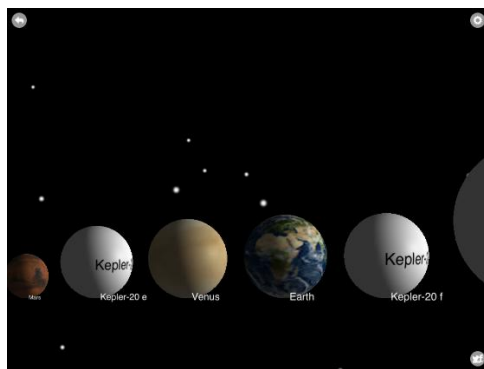
現時大多利用「凌日法」來找系外行星，當行星從母星前面經過時，會遮掩星光使母星亮度減低，藉由周期性的凌日，天文學家就得以計算出行星的公轉周期、質量、直徑、與母星間的距離等資訊。這種方法約從10年前才開始發展。而且藉由行星凌日法可以搜尋出像地球級行星，被視為系外行星搜尋的劃時代新法。到2013年5月，已經被認定的系外行星總數為889顆！



利用IPAD Exoplanet 展示凌日法的原理

以下有幾顆著的系外行星例子：

1. 克卜勒20：有5顆行星的行星系，其中的克卜勒20e和克卜勒20f是首次發現體積與地球相若的行星。



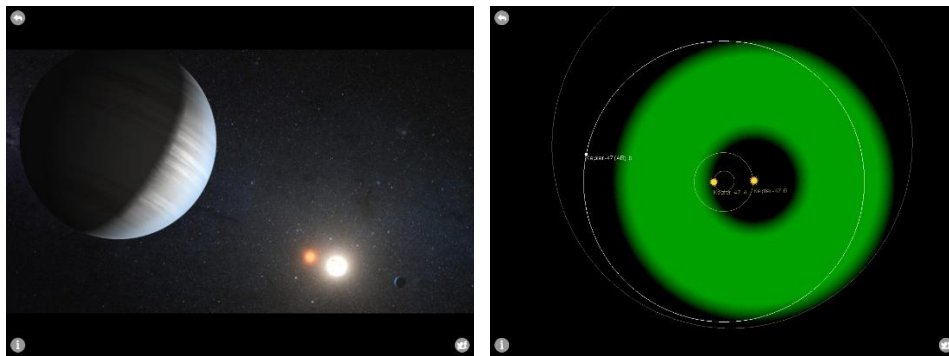
利用IPAD Exoplanet 展示克卜勒20e和20f與地球的體積比較

2. 克卜勒47：是第一個擁有超過一顆以上運轉行星的聯星系統，她是擁有兩個太陽的行星哦！

2

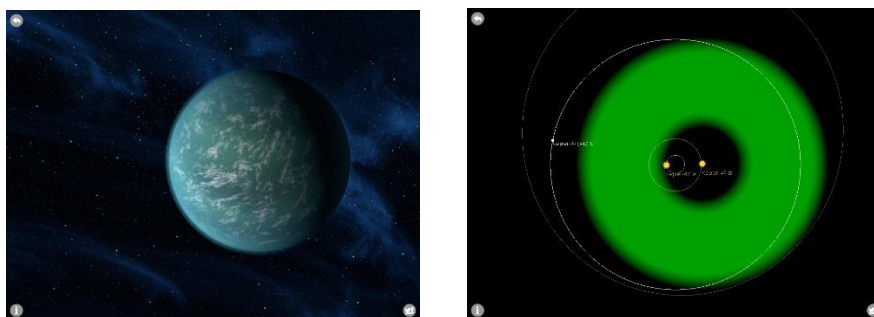
IPAD

1



利用PAD Exoplanet 展示克卜勒47的軌道和照片

3. 克卜勒22b：是克卜勒太空望遠鏡發現第一個位於類太陽恆星適居帶的太陽系外行星。這個消息讓人們非常之驚喜！因為這個行星可以會有生命。不過距離相當遙遠，離地球587光年！即光行走也需要587年的時間！

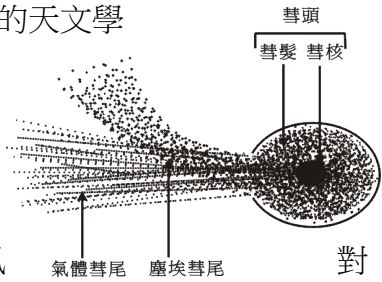



利用PAD Exoplanet 展示克卜勒20b適居帶軌道和照片

- **【地球與其他行星的比較】**：適居帶是天文學上給一種空間的名稱，指的是那裡的情況有利於生命的發展，或許可以發現像地球這樣的生命體，被相信行星必須在適居帶內才能讓生命產生，既不太熱也不太冷，就是剛好。在我們的太陽系中，適居帶被認為距離恆星0.95至1.37天文單位之間。那麼為什麼地球能夠孕育生命？（學生思考，自由發表）地球適合孕育生命的原因主要有一）日地距離適中→獲得太陽的光熱量適中→使液態水得以存在。二）地球的體積和品質適宜→具有適宜的引力→吸引適宜的大氣（形成合適的密度、成分、厚度）→對地表產生“保溫被”、“防彈衣”的作用。三）地球的自轉和公轉速度適宜→氣溫日變化和年變化的節律適宜。四）地球平流層中臭氧層的存在→吸收太陽紫外線，使地面生物體免受過量紫外線的殺傷。五）處於小行星、流星體相對較少的宇宙環境→對地球的撞擊概率較低，危害頻次較小。相對於其他行星，水星因為質量太小，又太靠近太陽，大氣完全散失。金星因為火山作用不斷進行釋氣作用，大氣濃厚，表面氣壓非常高，另外金星距離太陽太近而太熱，缺少液態水進行「除碳」作用，大量的二氧化碳造成強烈的溫室效應，使其表面溫度高達480℃。火星體積太小（地球的八分之一），因此散熱快，核心已凝固，故缺少磁層保護其大氣層，經太陽風

2-8

2

| | | | |
|------|---|------|---|
| | <p>持續吹拂，大氣散失，致使表面氣壓極低，氣壓過低而導致火星無法維持液態水的存在，液態水會快速沸騰。從以上原因可清楚認識到地球的特別之處，只是日地距離有些少變動，我們就沒有生存的空間，地球就沒有孕育的必要條件。</p> <p>第三節、其他小天體</p> <p>➤ 【小行星帶的介紹】：太陽系內質量小的天體，外形多不呈圓球狀，無固定的繞日軌道，統稱為「太陽系小天體」：包括小行星、彗星、隕石等。（利用IPAD Solar Walk展示小生星帶、流星、彗星）</p> <p>同學們有沒有留意動畫中火星和木星軌道之間有一條明顯由大大小小小岩石組成的帶？我們稱為小行星帶。小行星帶是太陽系內介於火星和木星軌道之間的小行星密集區域。小行星是由岩石或金屬組成，圍繞著太陽運動的小天體。估計為數多達50萬顆。最初這些小行星形成於原始太陽星雲中殘餘物，通常是行星前身的星子，因受到木星的引力阻礙了這些殘餘物續漸形成行星，並造成殘餘物相互間的碰撞，於是造成許多殘骸和碎片，因此小行星帶的岩石未能形成行星，木星的攝動是罪魁禍首。</p> | | |
| 10-1 | <p>雖然小行星看起來形狀千變萬化，奇形怪狀，但也有一些小行星成功碰撞成球體狀，如主帶內的小行星，如智神星，也有一顆矮行星，如穀神星。其餘的小行星都不大，有些甚至只有塵埃那樣大。（利用IPAD Solar Walk展示穀神星的外貌）。</p> | IPAD | 2 |
| 10-2 | <p>➤ 【閱讀資料】：報章《未來小行星可能成採礦中心》。並分析報章中對小行星採擴的可行性，要克服何種困難，彼此討論。</p> <p>➤ 【彗星的介紹】：彗星是冰凍的小天體，彗星的天文學符號是♁，「彗」的本意就是帚，俗稱「掃帚星」，自古以來，傳統上就認為觀測到彗星是不祥的凶兆。當它與太陽接近時，便會展示出彗髮，彗髮其實是彗星的大氣層，有時也會有彗尾，形成原因是由太陽輻射和太陽風對彗核作用造成的，彗核是彗星中央的岩石，主要物質有塵埃、細小的岩石顆粒，混雜在冰凍的水、甲烷之中。</p> | | 2 |
| 10-3 | <p>（利用IPAD展示哈雷彗星並還學生指出彗核、彗髮、彗尾的位置。）</p>  <p>The diagram illustrates the structure of a comet. At the center is the 彗核 (nucleus), a solid core of rock and ice. Surrounding it is the 彗髮 (coma), a cloud of gas and dust. Two tails extend from the coma: the 氣體彗尾 (gas tail) and the 塵埃彗尾 (dust tail). Labels include 彗頭 (comet head), 彗髮, 彗核, 氣體彗尾, 塵埃彗尾, and 對 (direction).</p> | 報章 | 3 |
| |  <p>The screenshot shows a digital representation of a comet in space, with a bright nucleus and a long, diffuse tail. The interface includes a date and time stamp '2013 06 06 20:00' and some navigation icons.</p> | IPAD | |

利用IPAD Solar Walk展示哈雷彗星動畫

1. 彗核：大約範圍從100米至40公里之間。組成物質包括岩石、塵埃、冰、和凍結的氣體，然而最近的觀測顯示岩石或塵埃分布於彗星表面，而冰是隱藏在彗星地殼之下。
2. 彗髮：當彗星接近太陽系的內側時，太陽輻射會導致彗核物質揮發。流出的塵埃和氣體在彗核周圍形成巨大而稀薄的大氣，稱為彗髮。所以彗髮就是彗星的大氣層！
3. 彗尾：流出的氣體和塵埃各自形成指向略有不同的尾巴。塵埃組成的彗尾往往是拖在彗星軌道的後方，形成弧形的彗尾。「彗尾」分塵埃彗尾和氣體彗尾，前者是太陽風吹拂彗髮的塵埃而形成，後者是太陽風吹拂彗髮的帶電離子形成，兩者必定出現在背對太陽的一側。

➤ **【學生活動】**：教導學生一起完成《天文觀測手冊高中版》3-3彗星的周期軌道圖。

➤ **【彗星的來源】**：許多科學家都認為，彗星來源於八大行星的外圍柯伊伯帶與歐特雲。彗星物質有時受到某些擾動因素，會離開雲氣區而回到太陽系內成為彗星。長週期彗星可能來至歐特雲而短週期彗星可能來自柯伊伯帶。太陽 30到100 AU之間有一柯伊伯帶，帶上有許多太陽系形成前的殘餘物質和冰體，這些冰體的軌道面與行星相似，偶而有些物體受到天王星或海王星的重力擾動，而向太陽的方向推進，在越過海王星的軌道時，更進一步受海王星重力的影響，而進入內太陽系成為短週期彗星。哈雷彗星是最著名的短周期彗星，每隔75或76年就能從地球上看見，是唯一能用肉眼直接從地球看見的短週期彗星，也是人一生中唯一可能以裸眼看見兩次的彗星。



利用IPAD Solar Walk展示哈雷彗星與柯伊伯帶的動畫

而距離太陽一光年左右球殼狀地帶，有數以萬億計的彗星存在，這些彗星是太陽系形成時的殘留物。有些歐特雲彗星偶而受到其他路過星體的影響或碰撞，離開了原來的軌道。大多數的彗星皆屬於長周期彗星。不過到目前為止，歐特雲理論僅是假設，尚無直接的觀測證據。

無論是源於柯伊伯帶還是歐特雲，彗星提供了大量的冰卻是不爭的事實，但含有多少冰？科學家為了知道答案於1999年2月發射的星塵號

10-4

3
自編
教材
3
IPAD

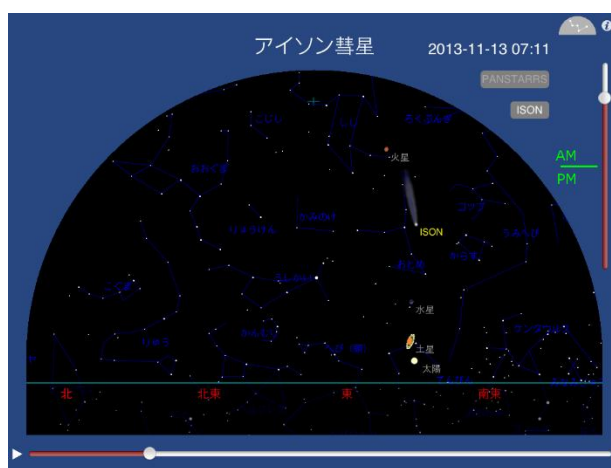
10-5

太空船，蒐集了維爾特二號彗星彗髮的顆粒，這是人類太空探測史上第一次獲取彗星物質和星際塵埃樣品，並且在 2006 年用萊艱將樣品送回地球。科學家報告說，在彗星‘維爾特二號’的塵埃粒子中發現了只有在高溫下才能生成的物質。科學家認為，這一發現不僅證明彗星物質構成的多樣性，也揭示了太陽系早期歷史的一些奧秘。這種物質是橄欖石。由於這是一種在極高溫下才會形成的晶體，地球上一般在火山岩中才能發現。而科學家們在遙遠、寒冷的彗星上發現了它的存在，出人意料。除橄欖石之外，他們還發現了含有鈣、鋁等金屬元素的晶體，也只能在高溫下生成。人們通常認為彗星是在太陽系周邊寒冷之處活動的星體，主要由冰、塵埃和氣體組成，而彗星“維爾特二號”上存在橄欖石等高溫生成的物質，意味著這顆彗星歷史上有‘火和冰’！

在地球觀看彗星最漂亮的地方她長長彗尾，2013 年又稱為彗星年，而 ISON 彗星(C/2012 S1)將於今年底出現！據瞭解亮度與滿月不多！同學可以非常好奇彗星的編號如何解讀，C 即是長週期彗星或非週期性彗星；2012 代表發現年份；S 代表發現的月份，編號規則如下：

| 月份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 上半月 | A | C | E | G | J | L | N | P | R | T | V | X |
| 下半月 | B | D | F | H | K | M | O | Q | S | U | W | Y |

- **【設問】**：編號是 C/2012 S1 彗星，同學應該如何解讀？
- **【解答】**：所以 S 代表 9 月下半月發現；S 後面的數字 1 是指該半月所發現順序為第幾個彗星。ISON 彗星(C/2012 S1)是指 2012 年 9 月下半月發現第一粒長周期的彗星



利用Cometbook展示ISON彗星不同時段出現的位置

- **【流星的介紹】**：流星是指運行在星際空間的宇宙塵粒和固體塊等在接近地球時由於受到引力的影響而被吸引，從而進入星球大氣層，並與大氣摩擦燃燒所產生的光跡稱為「流星」。當流星因其質量較大或密度較高，通過大氣時尚未燃燒完畢就到達地面稱為「隕石」或「隕鐵」。有時還會造成大型隕石坑殘留在地球的某一處地方。(利用 IPAD Google earth 展示

2

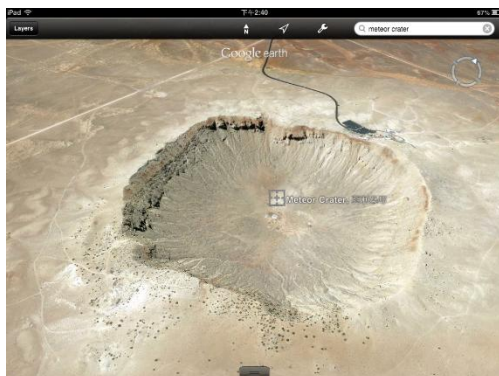
IPAD

10-6

幾個地球上較大型的隕石坑)

利用 IPAD Google earth 搜尋下列地點：

- 1)美國巴林傑隕石坑、2)羅娜隕石坑、3)Pingualuit Crater、4)Gosses Bluff Crater



利用 IPAD Google earth 展示地球上隕石坑的外貌

當每年的一定時期，當地球進入環繞太陽運行的流星體時，晚上天空將看到少至數顆，多至數百顆流星在一個星座方向迸發出來，這就是流星雨，流星雨是在夜空中有許多的流星從天空中一個所謂的輻射點發射出來的天文現象。流星雨其實是地球和彗星的碎片交互作用造成的結果，當彗星進入太陽經過地球軌道時，彗星因接近太陽而瓦解、水蒸氣的噴發產生的碎片停留在地球的軌道，每當地球定期經過的時候則產生大量的流星。

在教材中我已經選出一些較著名的流星雨發生時間：

| 流星雨 | 出現時間 |
|--------|-----------------|
| 天琴座流星雨 | 4月16日 - 4月25日 |
| 英仙座流星雨 | 7月17日 - 8月24日 |
| 獅子座流星雨 | 11月06日 - 11月30日 |
| 雙子座流星雨 | 12月04日 - 12月17日 |

- **【學生活動】**：觀看 Youtube 短片《Perseid Meteor Shower》，同學數一數片中出現過多少粒流星。
- **【總結】**：太陽系中有千變萬化的天體，太陽系就是我們現在所在的恒星系統。它是以太陽為中心，和所有受到太陽引力約束的天體的集合體：8顆行星、5顆已經辨認出來的矮行星（包括冥王星）和數以億計的太陽系小天體。這些小天體包括小行星、柯伊伯帶的天體、彗星和星際塵埃如隕星等。有沒有覺得這些天體皆有自己獨特的地方，但都是我們太陽系的一份子，是我們的家庭成員哦！有時晴朗的夜晚，當我們觀看閃耀於天際時，偶而一道光芒劃過天際瞬間消失，那就是和地球大氣層摩擦生熱而燃燒的流星，它們卻是密佈於整個太陽系內哦！因此說太陽系是一個狂暴且又神奇的系統。

IPAD

2

自編
教材

短片

2

1

四、試教評估、反思及建議

本章的教學目標是讓學生認識太陽系各成員的特徵、分類標準、各行星的視運動，並深入了解人類探索太陽系的成果和困難等，並通過望遠鏡的操作和觀察各行星的特徵（木星、土星、火星、金星），並認識觀察各行星的方法，並指導學生觀察內容以實證理論知識，整個章節課程分為理論課和行星觀察操作兩大部份。

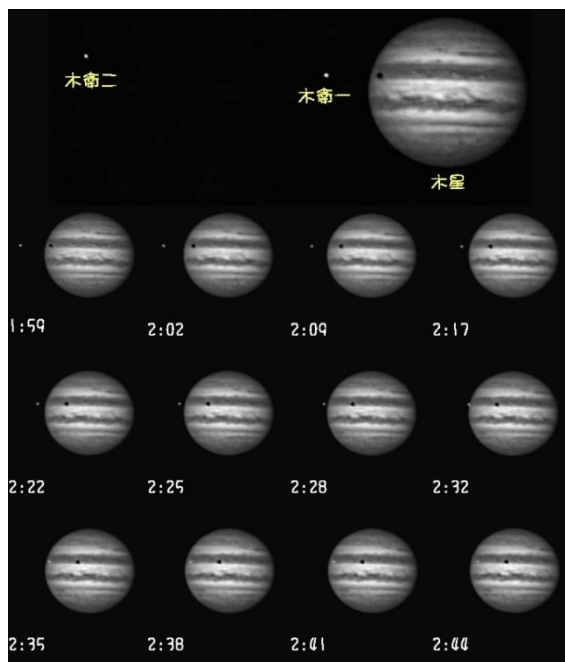
理論課部份共安排七個課時，幾乎所有內容均利用 IPAD Solar Walk 軟件呈現和輔助教學，特別是太陽系的經成、八大行星的分類和特徵、小行星和彗星的介紹，當長時間／連續課時使用 IPAD 教學後，本人總結經驗後有以下優點：一、受視覺和音響效果的刺激下，學生普遍上課認真，能回應老師的問題，且有充分的互動，氣氛和諧。二、老師上課過程中會得到意想不到的效果，學生會不停發問，甚至是意料之外的問題，例如學生會從 IPAD 投影幕中觀察到為何巨行星的自轉速度快，而類地行星的自轉速度相對慢等。在試教的過程中，學生從 IPAD 的影像中激發了想像力和歸納能力，並且學生皆能主動回答和發問問題。三、課後普遍學生對此教學軟件特有興趣，在課後皆希望老師教導如何下載和使用。數天後某一兩位同學會在額外課時主動向老師提出疑問，有助提升學生對天文學科的興趣。四、IPAD Solar Walk 內有提供科普閱讀，學生能借此軟件接觸太陽系相關的知識，能提供多樣的媒體讓學生自發學習天文知識。然而，在運用 IPAD Solar Walk 進行太陽系電子化教學有以下幾點要注意：一、當使用 Solar Walk 教學時，沒有投影片(PPT)的輔助，老師會容易忘記備課內容，特別是學生問題多多時，一整個課時結束後可能仍未講解到教學重點。因此建議老師要多練習，備課要充足，不只關注於知識本身，另一方面重點要關注教學情境的創設、核心問題的預設、拓展資料的準備等。如果老師只著重備知識而忽略備情境，當利用 IPAD 教學時容易被拖了後腿。二、當長期使用軟件教學時，易使學生產生眼睛疲勞而達不到預期的教學效果，建議 IPAD 教學課時減少。三、過多的動畫效果，可能容易讓同學分散注意力，不能達到預期的教學目標。

在教學的內容方面，每位同學皆能完成課後習作，並能回答老師的問題。注意是當講解重點太陽系的組成時，可能因為太陽系的組成較複雜，學生難以歸納和總結，老師在此課題上應耐心教導，不斷重復且強調要點，加插直觀簡潔的概念圖，加深同學印象和理解，通過這種方法後學生最後能對重點內容有一定的認識基礎，有利於學生對相關內容的系統理解和掌握。另外，講解各行星特徵和結構時，通過動畫、影片、短片、圖片等多媒體的互動教學，學生都能說出各行星的重要特徵。但仍建議在講授此內容時讓學生先仔細觀察行星表面特徵和運動規律，引導學生自己總結出重點特徵，我相信如果此內容能讓學生先觀察後回答，可以培養學生的觀察能力、提取資訊的能力和表達能力。另一方面，把系外行星尋找方法安排在行星凌日的內容之後效果不俗，學生已先對凌日有一定概念後，引申凌日法對尋找系外行星的意義，歸納出尋找系外行星的目的，學生都能充分

了解地球—我們的家園特別之處，大部份學生都主動思考適居帶的限制條件，也主動回答老師的問題，並且得到一些有創意的想法，同樣建議教授此部份內容時老師要備課充足，因此科技日新月異，系外行星的尋找方法經常改變，甚至出現新的技術和新的發現，老師備課時應充分準備，適時插入新知。學習彗星的彗尾隨著公轉而周期變化的內容時，只利用圖片和動畫講解未必完全理解彗尾變化的原因和動態過程，建議把整個學習單的圖在黑板上用板圖繪畫，邊教邊做，把整個動態的變化過程續一繪畫和解釋，學生會更易理解，試教時用此傳統方法的確有效，學生都能完全作業。最後，幾乎每個課時都利用數分鐘的短片或影片了解當代／現代航天科技和行星探索部份收到不俗的效果，學生投入度高，都專注在短片的介紹，而且可以緩和上課氣氛，建議老師如使用影片教學法應有以下步驟：一、要尋找合適的影片，本次試教所用的短片都是經過精心挑選，因此在課程進行前先評估本次所要講授的內容與預期目標是什麼，透過不斷自我發問來確認短片對於課程內容之適用性。二、設計討論問題，建議老師準備短片時先把短片至少瀏覽一次，清楚了解短片每一階段對課程主題相關的內容，設計與課程高度相關的議題，而本次試教中，也讓學生嘗試填寫問題，需要答案多元，能讓學生動筆思考和歸納就是好方法。三、在觀看影片前，先說明影片重點，應有前言介紹，並說明為何要讓學生觀看此片段。這三點在本次試教中都有應用，效果佳，試教順利，但仍建議老師影片結束後展開分組討論，時間大約五分鐘即可，老師預設高水準的問題並選派某位學生討論後發言回答。

在觀察行星的操作方面，需要要學生留心注意行星的特徵、衛星、顏色等觀察，而本次試教以金星、火星、木星和土星為主要觀察對象，建議觀察方向如下：一、金星：觀察金星的盈虧方向、大小，鼓勵學生多次觀察後思考其原因，並引入講解行星視運動的知識。二、火星：觀察其極冠、顏色，並搜尋著名的地形如 Hellas、Schiaparelli、水手谷、奧林匹斯山等，鼓勵學生多次觀察後思考火星與地球相似的地方，並引入講解火星的地形與水的關係。三、木星：觀察木星四大衛星（伽利略衛星），引入講解木衛一和木衛二的特徵和航天發展，並觀察凌木掩木現象、大紅斑、自轉速度、木星紋、顏色等，並引入伽利略觀察木星的故事、鼓勵學生多次觀察並說明凌木與凌日的相同點。四、土星：觀察土星環，特別A環、B環和卡西尼縫、並留意土星環的傾角變化，引入伽利略觀察土星的故事、鼓勵學生多次觀察並說明土星環的形成原因。

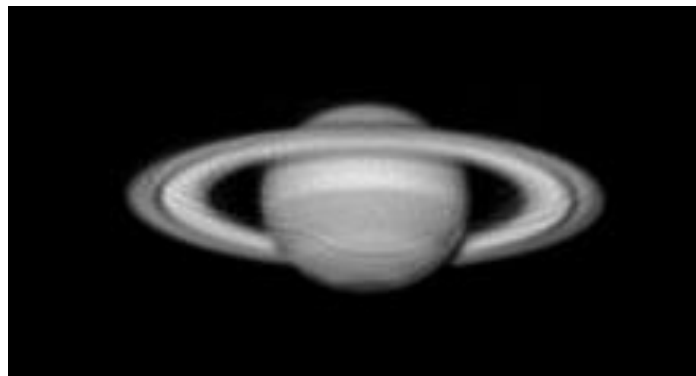
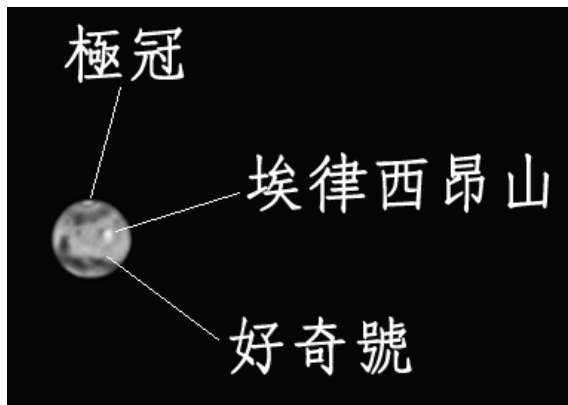
五、成果展示



2013 年第一次觀察行星實作：師生共同拍攝的木星和金星照片



學生拍攝的四大木星衛星照片



2014 年第二次觀察行星實作：師生共同拍攝的火星和土星照片

第四章、太陽的觀察

(三課時)

一、太陽的觀察教學計劃說明

| | | |
|------|--|---|
| | <p>三、情感目標</p> <p>7. 培養學生喜愛太陽觀察</p> | <p>6-2 能使用前置減光法觀察太陽</p> <p>6-3 能使用單濾鏡窄頻觀察太陽</p> <p>6-4 能製作針孔太陽投影儀</p> <p>6-5 能操作針孔投影儀觀察太陽</p> <p>7-1 願意主動參與太陽觀察活動</p> <p>7-2 能主動搜索太陽相關的天文現象</p> <p>7-3 能主動關心太陽活動的相關新聞</p> <p>7-4 能消除學生厭惡陽光的態度</p> |
| 教學重點 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 了解太陽的化學成份、能量來源和其他物理特徵。 2. 了解太陽大氣層結構、各種太陽活動和這些活動對地球的影響。 3. 能操作各種太陽觀察的方法。 4. 製作針孔太陽投影儀。 | |
| 教 | 能操作各種太陽觀察的方法，並觀察一系列的太陽活動。 | |
| 教材研究 | <p>本章的內容是太陽的觀察，包括認識太陽基本的物理特徵、內部和外部結構和分層、太陽活動的種類、各種太陽觀察的方法和製作並操作針孔投影儀，內容非常豐富且應用層面較高，以下把內容分成三部分講解教材設計和策略，分別是認知層面的知識教學、操作和觀察層面的教學和工作坊教學和應用。</p> <p>首先，本教材的知識重點還是在課堂教授為主，無論是了解太陽的化學成份、能量來源和其他物理特徵，還要了解太陽大氣層結構、各種太陽活動和這些活動對地球的影響，都以老師作為講解、引導、激發學生思考、討論等教學活動。為避免教材內容過於單調乏味、過多敘述性教學。因此本教材在活動的設計上同樣加入 IPAD 的即時互動教學，利用大量的動畫軟件讓學生有多媒體的學習，加強學習動機和興趣，利用 Solar Walk 軟件解釋太陽內部和外部結構，其次通過一些短片和照片投影的媒體輔助，把一些抽象的知識概念形象化，學生會較易懂易明，利用 IPAD、短片、照片投影等多媒體輔助教學對學生理解太陽活動、掌握太陽的基本物理特徵和規律有很重要的幫助作用，可以把抽象的規律和概念形象化，幫助學生擺脫思維障礙。另外，本教材還引入辯論比論的元素，探討太陽能發電的優點和缺點，稱過分成正反方的辯論，讓學生在說話過程中深入思考，主動發言，融入語文科教學策略，在競賽的環境下刺激和加速學生思考課堂上的知識，讓學生能評價澳門發展太陽能發電的可行性，老師能從論證能力、批判思維等多方面評核學生的學習成效。</p> <p>本課程設計第二個教學重點是學生能操作各種太陽觀察的方法。學生通過觀察老師示範、操作並通過師生討論教授使用方法，過程中學生必須動手嘗試使用，除了理解投影法、前置減光法和單濾窄頻的知識原理外，且能在操作應用的過程中，產生強烈的興趣，激發學生的操作願望，體會物理知識和生活實際相聯繫。另外，學生還要製作出簡單而實用的針孔投影儀，一來與學生重溫太陽觀測方法存在危險的原因，指導學生製作鞋盒針孔投影儀和說明針孔投影儀的優點和缺點，並要求學生利用「針孔投影儀」觀測太陽的變化和計算太陽直徑。學生通過工作劫可以動手製作屬於自己的投影儀，增加主動參與太陽觀察活動，能消除學生厭惡陽光的態度，也可以與其他同學朋友分享觀察太陽的樂趣，達到教育傳承的效果。通過這樣的活動，不僅鍛煉了學生的動手能力，而且培養了學生的創新精神，使學生受益匪淺。而老師則可以從多角度檢視學生的學習成效，增加師生互動，提升課程的趣味性。</p> | |

| | |
|----------------------------|--|
| <p>教 學 架 構</p> | |
| <p>教學方法</p> | <p>講授、觀測、討論、設問、引導教學、學習單、師生互動、交互式多媒體應用、辯論比賽、學生活動、工作坊、教具展示</p> |
| <p>教學資源</p> | <p>自編教材和學習單、教學媒體包括電腦圖片、短片、IPAD、教具</p> |
| <p>教學評量</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 認知評量： <ol style="list-style-type: none"> A. 能回答問題。 B. 能完成／填寫學生手冊章節內容。 C. 在辯論比賽中各方能申論、能質詢、能答辯。 2. 技能評量： <ol style="list-style-type: none"> A. 能操作各種太陽觀察的儀器和方法。 B. 能製作和使用針孔太陽投影儀和日晷儀。 3. 情感評量： <p>觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等……</p> 4. 綜合評量： <p>舉辦一次校園天文科普太陽觀察活動，在活動中展出各種太陽觀察的儀器，陳列工作坊製作過太陽觀察相關的作品如日晷、針孔投影儀、太陽仰角器。學生必須在校內向同學講解各種儀器的使用方法，解釋各種製成品的背後原理和操作，老師在旁觀察學生的投入情況，適當的引導、輔助。</p> |

| 課 前 準 備 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 資訊設備：電腦、投影機、IPAD 2. 應用程式準備：Solar walk；SOHO；Exoplanet 3. 投影片準備：Thousand Oaks觀察下的太陽照片、三足鳥圖、太陽大氣層圖、太陽日珥照片、太陽可見光通道圖、太陽光譜分光圖、太陽表面米粒組織圖、太陽活動圖、太陽黑子圖、日冕照片、全日面色球單色像、地球磁力線圖、米粒組織比例圖、米粒組織示意圖、色球層針狀體、黑子形成原因圖、學生活動全日面照片、臨邊昏暗現象圖、耀斑照片 5. 短片準備：《One-Month Solar Rotation》、《完全機械手冊 - 太陽能發電廠》、《Sunspot, Granulation and Convective Flow》、《2010 挪威的極光》、《NASA SDO - Traveling Sunspots》、《NASA公佈太陽耀斑爆發圖像》、《太陽日冕大爆發恐引大氣層磁暴》 6. 教具準備：藍球、紅豆、沙粒、岩石、針孔投影儀、太陽眼鏡、Sunspotter、折射鏡、太陽濾膜、Ha通道太陽望遠鏡 7. 教材和學習單準備：自編教材《天文觀測學生手冊—高中版》 8. 工作坊所需材料詳見「針孔太陽投影儀工作坊」教案 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---|----|------------|---|------|---|----|----|----------|---|---|----|------------|---|---|----|---------|---|---|----|--------|---|---|----|------------|---|---|----|--------|---|---|----|----------|
| 課 時 分 配 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 課堂活動共三課時，每課時 40 分鐘。 2. 一次校內觀日實習和一次全日的太陽導賞攤位活動 3. 兩次工作坊，約 60 分鐘。 4. 內容如下： <table border="1" data-bbox="140 1041 1433 1435"> <thead> <tr> <th>節次</th> <th>月</th> <th>日</th> <th>教學重點</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>12</td> <td>19</td> <td>認識太陽基本資料</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>14</td> <td>太陽內部結構和大氣層</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>14</td> <td>太陽觀察的方法</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1</td> <td>14</td> <td>校內觀日實習</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1</td> <td>24</td> <td>針孔太陽投影儀工作坊</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>2</td> <td>21</td> <td>日晷儀工作坊</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>2</td> <td>24</td> <td>太陽導賞攤位活動</td> </tr> </tbody> </table> | 節次 | 月 | 日 | 教學重點 | 1 | 12 | 19 | 認識太陽基本資料 | 2 | 1 | 14 | 太陽內部結構和大氣層 | 3 | 1 | 14 | 太陽觀察的方法 | 4 | 1 | 14 | 校內觀日實習 | 5 | 1 | 24 | 針孔太陽投影儀工作坊 | 6 | 2 | 21 | 日晷儀工作坊 | 7 | 2 | 24 | 太陽導賞攤位活動 |
| 節次 | 月 | 日 | 教學重點 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 12 | 19 | 認識太陽基本資料 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 14 | 太陽內部結構和大氣層 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1 | 14 | 太陽觀察的方法 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 1 | 14 | 校內觀日實習 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 1 | 24 | 針孔太陽投影儀工作坊 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 2 | 21 | 日晷儀工作坊 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 2 | 24 | 太陽導賞攤位活動 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

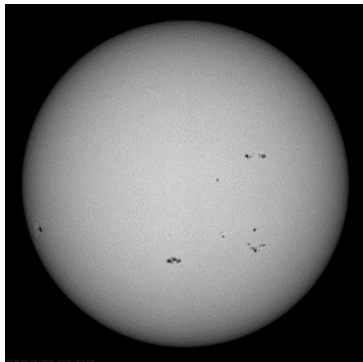
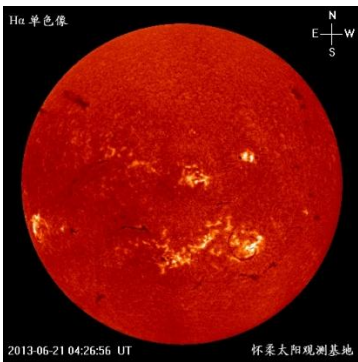
二、教學時間分配

| 第一課時 (40min) | | | | | |
|-------------------------------|---------------|--------------------------|--|-------|---|
| 教學重點：認識太陽基本資料、恆星的命名方法 | | | | | |
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
| 第五章、 太陽的觀測 第一節、認識 太陽 | 一、基本資料 | 課題引入 | 圖片 | 2min | 認知評量：能回答問題；完成學生手冊章節內容；完成課後作業；能在辯論比賽中提出完整的申論、答辯和質詢 情感評量：觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等…… |
| | | 基本資料的介紹 | IPAD (Solar Walk) | 2min | |
| | | 學生活動 | 藍球、紅豆、沙粒、岩石、 IPAD(Exoplanet) | 3 min | |
| | | 基本資料的介紹 | 藍球、沙粒 | 1min | |
| | | 學生活動 | 自編教材 | 1min | |
| | 二、成份和能量 來源 | 太陽成份的介紹 | 自編教材 | 3min | |
| | | 短片觀賞 | Youtube 《One-Month Solar Rotation》 | 2min | |
| | | 設問和解答 | IPAD 展示照 片、盒狀三稜鏡 | 2min | |
| | | 學生活動 | | 1min | |
| | | 太陽能量來源介紹 | 自編教材 | 2min | |
| | | 短片欣賞 | Youtube《完全機 械手冊 - 太陽 能發電廠》 | 7min | |
| | | 學生活動—小型 辯論比賽 | 板書 | 11min | |
| | | 辯論比賽總結 | | 2min | |
| | 總結和學生發問 | 2013/2014 學年教學設計獎勵計劃獲獎作品 | | 1min | |

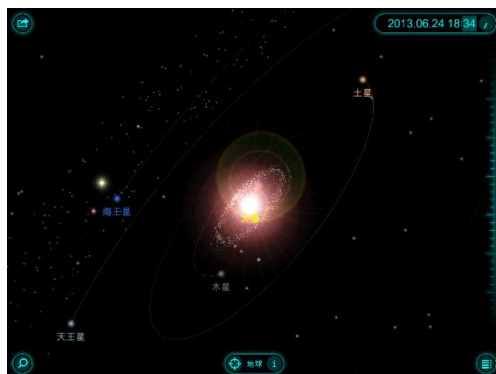
| 第二課時 (40min) | | | | | |
|--------------------------------|--------------|---------|--|------|--|
| 教學重點：太陽內部結構和大氣層 | | | | | |
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
| 第五章、 太陽的觀測 第二節、太陽 的結構 | 一、太陽內 部結構 | 課題引入 | | 2min | 認知評量：能回答 問題；完成學生手 冊章節內容；完成 課後作業 情感評量：觀測學 生的表現行為、投 入程度、好奇心、 合作態度、創新 等…… |
| | | 內部結構介紹 | 自編教材 IPAD (Solar Walk) | 5min | |
| | | 設問與解答 | 圖片 | 2min | |
| | | 短片欣賞 | 《Sunspot, Granulation and Convective Flow》 | 1min | |
| | 二、太陽大 氣層 | 光球層介紹 | 圖片 | 2min | |
| | | 色球層介紹 | 照片、太陽望遠鏡 | 3min | |
| | | 日冕介紹 | 圖片 | 1min | |
| | | 太陽風介紹 | | 2min | |
| | | 短片欣賞 | 《2010 挪威的極 光》 | 2min | |
| | 三、太陽活 動 | 黑子介紹 | 圖片 | 3min | |
| | | 設問與解答 | | 1min | |
| | | 短片欣賞 | 《NASA SDO - Traveling Sunspots》 | 1min | |
| | | 日珥介紹 | 圖片 | 1min | |
| | | 耀斑介紹 | | 2min | |
| | | 短片欣賞 | 《NASA 公佈太陽 耀斑爆發圖像》 | 2min | |
| | | 學生活動 | 圖片、自編教材 | 5min | |
| | | 短片欣賞 | 《太陽日冕大爆發 恐引大氣層磁暴》 | 2min | |
| | | 太陽活動的影響 | | 2min | |
| | 總結和學生發問 | | | 1min | |

| 第三課時 (40min) | | | | | |
|----------------------------------|-------------|---------------------|-------------------------|------|--|
| 教學重點：太陽觀察的方法 | | | | | |
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
| 第五章、 太陽的觀測 第三節、太陽 觀察的方法 | 一、觀察方法 | 課題引入 | IPAD (SOHO) | 2min | 認知評量：能回答 問題；完成學生手 冊章節內容；完成 課後作業 技能評量：能操作 Sunspotter 和折射望 遠鏡投影法 情感評量：觀測學 生的表現行為、投 入程度、好奇心、 合作態度、創新 等…… |
| | | 安全觀察要點 | 針孔投影儀 | 2min | |
| | | 設問與解答 | 太陽眼鏡 | 2min | |
| | | 投影觀察 | Sunspotter、折射 鏡 | 6min | |
| | | 前置減光觀察 | Solar viewer、巴德 膜、圖片 | 6min | |
| | | 單濾鏡窄頻觀 察 | Ha 太陽鏡、圖片 | 8min | |
| | | 深入 | | 4min | |
| | 總結和學生發 問 | 自編教材 | 1min | | |
| | 二、觀察操作 | Sunspotter 使用 方法 | Sunspotter | 3min | |
| | | 折射望遠鏡投 影方法 | 折射望遠鏡 | 3min | |
| 太陽濾膜使用 方法 | | 折射望遠鏡、太 陽濾膜 | 3min | | |

三、教學活動

| 第一節、認識太陽（第一課時） | | | |
|----------------|---|------|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究教案內容，訂立課程目標。 2. 設計教學活動，準備課外資料。 3. 準備投影片、軟件和教具。 <p>學生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 學生已習得第四章的內容。 2. 預習第五章第一節的內容。 <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：(利用PPT展示兩張照片) 同學們，我們上兩科章節已經認識了太陽系中所有重要的成員包括行星、小行星、衛星、我們的衛星月球等，同學們是否知道我們太陽系最重要的主角是誰？(學生回答：太陽) 這裡有兩張照片，你們覺得哪一張是太陽照片？(學生自由回答) 其實這兩張都是太陽照片哦！左邊一張是太陽光球層圖，我們如果利用儀器把太陽可見光部份通過我們肉眼就可以看見這種影像，即是平時肉眼所見的太陽哦，但同學們千萬別在沒有保護裝置底下裸眼觀看太陽！而右邊一張是太陽的大氣層影像！是我們肉眼不能看見的，必需利用太陽望遠鏡把特定波長通過我們眼睛才能看見，同學們可否比較一下這兩張照片有何差異？(學生自由表達意見) 關於太陽觀察技術方面我們會在日後章節有詳細的講解！</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>投影展示照片：太陽可見光通道圖(左)和全日面色球單色像(右)</p> | 圖片 | 2 |
| | <p>第一節、認識太陽</p> <p>一、基本資料</p> <p>➤ 【基本資料介紹】：太陽是距離地球最近的恆星，是太陽系的中心天體。</p> | IPAD | 2 |

太陽系質量的99%都集中在太陽！太陽系中的八大行星、小行星、流星、彗星、矮行星以及星際塵埃等，都圍繞著太陽公轉。(利用IPAD Solar Walk展示太陽系各成員公轉的特徵)

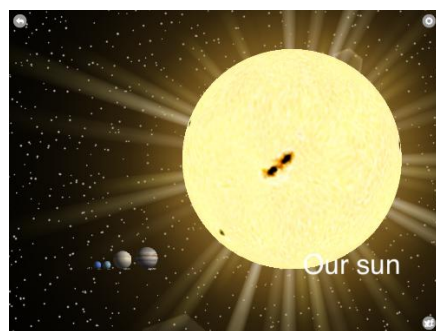


利用IPAD Solar Walk展示太陽系各成員公轉動畫

太陽只是一顆非常普通的恆星，宇宙中的任何一顆恆星的質量都要大於太陽，太陽是位於太陽系中心的恆星其直徑大約是130萬公里！相當於地球直徑的109倍！質量大約是地球的33萬倍，約佔太陽系總質量的99%！

- **【學生活動】**：展示藍球代表太陽，另外展示幾樣物件包括紅豆、沙粒、普通直徑3公分的岩石，讓學生猜一猜哪一樣物件可以代表地球。(學生自由回答) 答案是沙粒！

同學可以想像一下，地球直徑大概只有1.3公分長，還沒有一個1毛硬幣大(展示1毛硬幣)，而月球的公轉半徑則有30公分長(展示一把30公分長尺)，它們距離直徑1.5公尺的太陽有150公尺遠，大約是我們球場一個圈哦！像哈密瓜大小的木星距太陽750公尺遠，即普通球場兩個圈！橘子大小的土星距太陽1.5公里遠，即松山一個圈！檸檬大小的天王星和海王星則分別在3公里及4.5公里遠處.....即由關關到南灣的直線距離哦！在這個模型中，人的大小就像是個原子，而離太陽系最近的恆星則在4萬公里之外！



利用IPAD Exoplanet比較太陽與各行星的大小

- **【基本資料介紹】**：(利用藍球代表太陽，沙粒代表地球講解) 地球圍繞太陽公轉的軌道是橢圓形的，每年1月離太陽最近，稱為近日點，7月最遠，稱為遠日點，平均距離約1.5億公里，天文學上稱這個距離為1天文單

藍球
紅豆
沙粒
岩石

3

藍球
沙粒

1

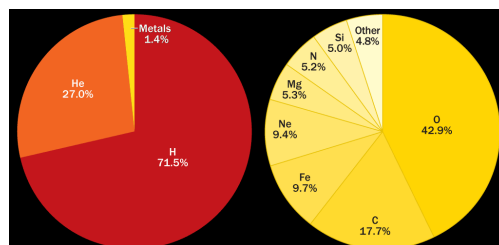
位，這些內容在地理課一定有講解所以同學們應該不會陌生吧！以平均距離算，光從太陽到地球大約需要經過8分19秒！太陽光中的能量通過光合作用等方式支持著地球上所有生物的生長，也支配了地球的氣候和天氣，即支持我們地球生命能源！人類從史前時代就一直認為太陽對地球有巨大影響，有許多文化將太陽當成神來崇拜。例如古希臘稱之為太陽神阿波羅，對太陽的正確科學認識進展得很慢，直到19世紀初期，傑出的科學家才對太陽的物質組成和能量來源有了一點認識。

- **【學生活動】**：打開教材第五章第一節，嘗試填寫表格中的空格。

| 屬性 | 太陽 | 地球 | 倍數 |
|----|---------------------------------------|--------------------------|-------|
| 半徑 | 70 萬千米 | 6371 千米 | 109 |
| 體積 | 1.41×10^{10} 千米 ³ | 11000 億千米 ³ | 130 萬 |
| 質量 | 1.989×10^{27} 噸 | 5.976×10^{21} 噸 | 33 萬 |
| 密度 | 1.41 克／厘米 ³ | 5.5189 克／厘米 ³ | 1／4 |

二、太陽的成份和能量來源

- **【太陽成份介紹】**：從化學組成來看，太陽質量的大約四分之三是氫，剩下的幾乎都是氦，即太陽的主要成分是氫和氦，佔 98%，剩下的 2%則由 90 種元素組成，包括氧、碳和其他的重元素質量少於 2%。表面溫度大約是 6000K，即 4000-5200°C，K 表示絕對零度，即約-273°C。在此種溫度下，分子運動不再運動和傳送能量。因為受到高溫的影響，這些成份以離子狀態存在，所以說組成太陽的物質不是固體，也不是液體，嚴格說起來應該是電漿。（在教材中顯示出太陽成份的比例），同學可以告訴我太陽除了氫和氦成份最多之外，其他成份中比例多的是什麼？（學生回答：氧氣）



學生打開教材中以上圖示

由於太陽是由電漿組成，並不是固體，所以他的赤道轉得比極區快。實際的轉動周期在赤道大約是 25 天，在極區是 35 天，我們稱之為較差自轉。即自轉時不同部位的角速度互不相同的現象！木星、土星等這些氣體行星都有較差自轉現象哦！許多太陽活動都是由於較差自轉而造

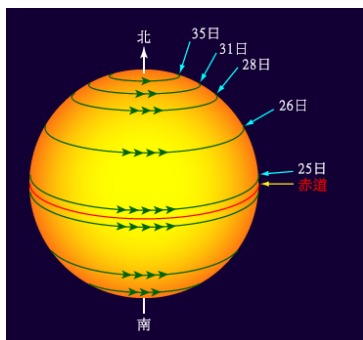
自編
教材

1

自編
教材

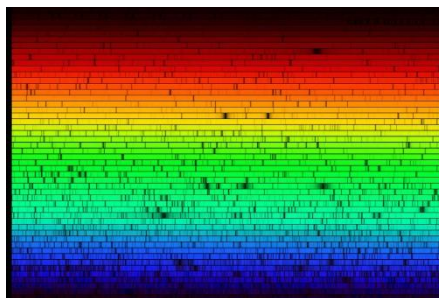
3

成！後面將會有詳細介紹。(在教材中顯示出太陽較差自轉圖例)



學生打開教材中以上圖示

- **【短片觀賞】**：播放Youtube短片《One-Month Solar Rotation》，讓學生在短片中觀察太陽交差自轉自轉。
- **【設問】**：那麼科學家是如何知道太陽成份呢？（學生思考回答）
- **【解答】**：藉著光譜分光，我們可以知道太陽內存在的元素種類，以及它們的比例！什麼是光譜分光？還記得當時牛頓在劍橋的一間小黑屋裡，第一次用稜鏡將白色的太陽光折射出七彩的光芒嗎？（展示教具：盒狀三稜鏡）曾經有一位元天才的德國物理學家使用分光鏡再一次觀察了太陽的光譜，令他感到意外的是，太陽七彩的光芒中間竟還隱藏著許多細密的暗線。由於每種原子都有自己的特徵譜線，因此可以根據光譜來鑒別物質和確定它的化學組成。這種方法叫做光譜分析。根據這個性質，只要明確已知元素的譜線位置，再和太陽光譜中暗線的位置比對，就可以知道太陽上有哪些元素了，最後清楚瞭解到太陽成份最多的就是氦。（展示太陽光譜分光照片）。
- **【學生活動】**：學生嘗試把盒狀三稜鏡對準太陽，顯示出光譜分光，讓學嘗試尋找光譜的暗線。離開太陽表面的光幾乎會到達我們的眼睛，因為只有某個特定波長的光會被吸收，所以會看到光譜上出現黑線。如果調查線的波長，就能知道有那種原子及分子，而按照線的粗細，也能知道有多少的量。
- **【設問】**：為什麼太陽溫度會這麼高？它的能量是從何而來呢？（學生思考回答）
- **【太陽能量來源介紹】**：它的能量來自於氫融合成氦的核融合反應！太陽的能量是由核心區產生的，它主要是藉著質子與質子碰撞過程來產生能量。太陽內部每秒會發生大約 10^{38} 次質子－質子連鎖反應，在每次反應過程中，4個氫原子核，經過一連串的核子反應而融合成1個氦原子核，此時有小部分的質量轉換成能量。由於每公克的氫於核融合成氦時能夠放出 6.6×10^{11} 焦耳的能量，據估計每秒約有500萬公噸的質量轉換成能量，即



短片

2

盒狀
三稜
鏡

2

盒狀
三稜
鏡

1

2

| | | | |
|--|---|------------------|--------------------------|
| | <p>太陽的核心每秒鐘燃燒6.2億噸的氫！所以太陽的能量是由太陽的質量經過核融合反應轉換而來的。在這樣大的壓力和溫度，氫使太陽燃燒，太陽變成了一個巨大的氫彈。在核融合過程中，太陽每秒釋放出的能量相當於1,000億顆氫彈爆炸的能量！太陽的壽命是以質量來決定的，即依照太陽現時的燃燒速度，還可持續發光約50億年！</p> <p>人類非常聰明，學會利用太陽能發電！太陽能發電是一種新興的可再生能源。廣義上的太陽能是地球上許多能量的來源，如風能，化學能，水能，化石燃料可以稱為遠古的太陽能。太陽能資源豐富，既可免費使用，又無需運輸，對環境無任何污染。太陽能為人類創造了一種新的生活形態，使社會及人類進入一個節約能源減少污染的時代。</p> <p>➤ 【短片欣賞】：播放 Youtube《完全機械手冊 - 太陽能發電廠》</p> <p>➤ 【學生活動】：進行簡單的小型辯論比賽，題目是「澳門發展太陽能發電是勢在必行」(板書)。同學們分成正方和反方兩組，辯論分為申論、質詢、答辯三部分</p> <p>一、準備時間是二分鐘。</p> <p>二、流程如下：正方申論(1.5min)→反方質詢(1min)→正方答辯(1min)→反方申論(1.5min)→正方質詢(1min)→反方答辯(1min)→正方結辯(1min)→反方結辯(1min)</p> <p>四、辯論比賽完結後老師總結：</p> <p>太陽能優點：一、太陽能是人類可以利用的最豐富的能源。據估計，在過去漫長的十一億年當中，太陽只消耗了它本身能量的2%，今後數十億年太陽也不會發生明顯的變化，所以太陽可以作為人類永久性的能源，取之不盡、用之不竭。它給地面照射15分鐘的能量，就足夠全世界使用一年。二、太陽能是到處都有的，不需要運輸。一般認為，處於南北緯50~60度以內的地區，都有豐富的太陽能可以利用，只要最初花一定的代價，投一筆資金，造好太陽能利用裝置，能量就會源源不斷地自己送上門來，「免費」供應。期間只需要花很少一筆設備維修費。三、太陽能是一種清潔的能源。煤炭、石油等礦物燃料產生的有害氣體和廢渣，而使用太陽能時不會帶來污染，不會排放出任何對環境不良影響的物質，是一種清潔的能源。當然，大量使用太陽能之後，由於太陽能的充分利用，結果會使環境的溫度稍微升高，但這種升溫，不致對環境造成不良影響。四、太陽能安全可靠。核能發電會有核洩漏的危險，一旦核洩漏了便會造成極大的生態危機，而太陽能絕對沒有這種情況，是十分可靠的。</p> <p>太陽能缺點：一、太陽能的利用裝置必須具有相當大的面積。雖然到達整個地面太陽能非常巨大，但這種能量非常分散，作為能源，它的密度太低了。因此，太陽能的利用裝置必須具有相當大的面積，才能收集到足夠的功率。但是面積大，造價就會高。只有當採集能量裝置表面</p> | <p>短片 板書</p> | <p>7 11</p> <p>2</p> |
|--|---|------------------|--------------------------|

| | | | |
|--|---|------|---|
| | <p>的單位造價相當便宜時，才能經濟合算的使用這太陽能利用器。二、二、太陽能受氣候、晝夜的影響。太陽能受氣候、晝夜的影響很大，到達極不恒定。因此必須有貯存裝置，這不僅增加了技術上的困難，也使造價增加。目前雖然已經製成多種貯存系統，但總是不夠理想，具體應用也有一定困難。</p> <p>綜觀太陽能利用的優缺之處，發展太陽能仍是非常可取的。目視污染是很主觀的，又有誰能擔保龐大的收集器不會成為壯觀的景色，而成本問題也不能短視近利的，花下去的金錢、空間，是可以在時間上換回的。</p> <p>➤ 【總結】：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 太陽是最接近地球的一顆恆星。 (2) 太陽與地球距離是1.5億公里（1AU）。 (3) 太陽年齡約40億年。 (4) 太陽平均直徑是地球的109倍。 (5) 表面溫度高達攝氏6000度。 (6) 主要成份是氫和氦，氫通過熱融合聚變成氦，產生大量的光能和熱能。 (7) 太陽系的一家之主便是太陽，它所產生的光和熱為其他的成員提供能量 (8) 據科學家估計，太陽還會持續發光一百億年，目前它已經發光超過四十億年了。 | 自編教材 | 1 |
|--|---|------|---|

| 第二節、太陽的結構（第二課時） | | | |
|-----------------|------|----|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |

壹、課前準備

老師：

1. 研究教案內容，訂立課程目標。
2. 設計教學活動，準備課外資料。
3. 準備投影片、軟件和教具。

學生：

1. 學生已習得第五章第一節的內容。
2. 預習第五章第二節的內容。

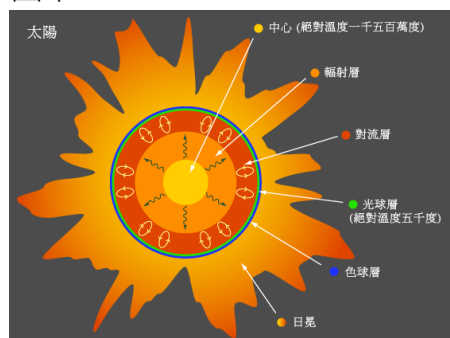
貳、上課內容

- **【課題引入】**：今堂先複雜上一堂的內容，大家是否知道太陽主要成份是哪兩種？(學生回答：氫和氦)太陽表面的溫度是多少？(學生回答：6000K)同學還記得太陽的主要成分是氫和氦，因為受到高溫的影響，這些成份以離子狀態存在，所以說，組成太陽的物質不是固體，也不是液體，嚴格說起來應該是電漿。這些太陽活動是相當壯觀的景象，而且大多在很短的時間內直接或間接的影響地球的大氣、氣象、地磁等等，深切的影響了人類的生活，甚至導至文明的興衰。這些太陽活動所伴隨的太陽能量輸出變化，僅是正常輸出量的萬分之幾，卻為人類深入了解太陽的性質提供了相當的線索，另外天文學家已有相當的証據顯示，其他恆星也有相似或甚至更為激烈的大氣活動。因此研究太陽不僅因為它與人類息息相關，更可以就近驗證恆星理論，補強觀測其他遙遠恆星所不足之處。所以我們今堂將會重點介紹太陽活動！

第二節、太陽的結構**一、太陽內部結構（以下利用 IPAD 講解）**

- **【內部結構介紹】**：太陽沒有界限分明的表面，但為了方便討論，天文學家把發出強烈白光，而光線無法穿透的球面做為太陽的表面，給了它一個特別的名稱叫光球層，並以光球層為分界，把太陽的結構分成內部與大氣兩大部份。

由內到外可分為核心、輻射層、對流層等三大部份。讓同學打開教材第五章第二節以下圖示。



太陽最里面是核心層，是產生核融合反應之處，即產生太陽能源的地方。太陽核心約佔總質量 50%，太陽半徑的 10%，但卻是太陽 99%的能量

2

5

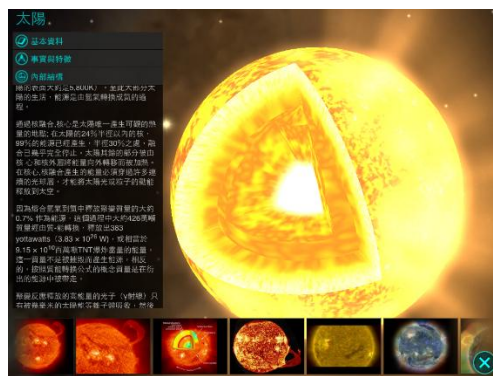
自編
教材
IPAD

來源。太陽核心的壓力為地球大氣壓力的數倍！溫度估計約為 1 千 5 百萬度，是氫進行質子 - 質子熱核熔合的反應區。核心的密度非常高，例如一塊方糖大小的核心物質在地表的重量可達 150 克重！

太陽的核心每秒約有六百三十萬噸的氫，經核融合反應轉換成氦，以這個速度燃燒，太陽的壽命約為一百億年，太陽形成於五十億年前，所以大約可再維持 50 億年。據現行太陽理論模型的推測，太陽的能源 90% 來自質子 - 質子鏈反應。氫融合產生的能量，須歷經百萬年才能傳抵太陽表面。

核心層以外是輻射層，能量以輻射的形式傳出。距離中心 25~70% 處，核心產生的能量，在此處以輻射的形式傳出，也就是以電磁波的形式傳遞。本區因為溫度和壓力不如核心，所以無法產生氫核融合反應。但因為本區內層溫度七百萬度，外層溫度二百萬度，物質密度仍有水的 20 倍，來自核心的 γ 射線與 X 射線光子，不斷與層內物質粒子相碰撞，被物質粒子吸收後再 輻射，光子平均每走不到 1 公分就與物質粒子碰撞一次，光子飛不遠就會因為這種情形的發生而消失或轉向。所以這些由核心以‘光’形式向外傳遞的能量，大約需經過一百萬年的掙扎，才能抵達太陽表面。

太陽內部的最外層是對流層，靠近表面處厚約 15 萬公里，能量以對流形式傳出。此層幾乎完全不透明，從輻射層傳來的能量，在這一層以對流的方式由高熱氣團帶到表面，表面較冷的氣團則下沉，頗似沸騰狀態的一壺水。因對流而產生的對流胞，從表面上看起來呈一粒一粒的粒狀組織，稱為米粒組織，生命期約為 5 至 8 分鐘。對流層底部的溫度約為二百萬度。在對流層裡來自太陽內部的能量，有之部份轉化為氣流的動能，太陽光球層、色層與日冕的各種活動與噴流皆與對流層有密不可分的關係。



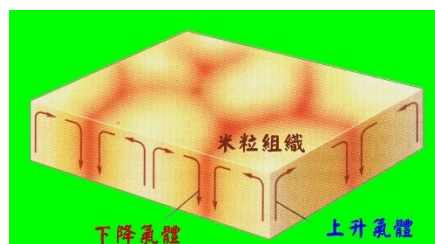
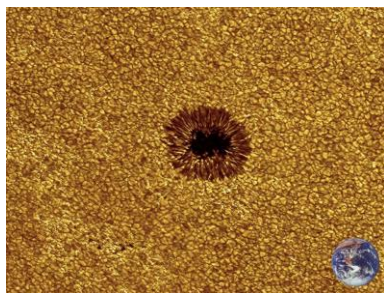
利用 IPAD Solar Walk 講解太陽內部結構

米粒組織是在太陽的光球上因為對流層內的電漿對流導致的現象，這些出現在太陽對流細胞上的粒狀物，看上去是一些密密麻麻的不穩定的斑點，很像一顆顆的米粒，因此稱為米粒組織。

- **【設問】**：為何太陽會有一粒粒呈米狀的組織？（學生思考。老師提示：跟煮熱水同樣道理）

IPAD

- **【解答】**：對流層裡有無數沸騰翻滾的對流泡，泡中間上昇的熱氣流升至頂端將熱能散發後，成為對流泡外側下沉的冷氣流，如米粒組織結構圖。而此種對流泡是光球層米粒組織的起因。對流泡氣流升降的速度約為 1 公里/小時，而米粒存留的時間平均約 10 分鐘，形成與消失完全是隨機的。米粒組織中央的部分是上升中的電漿，溫度較高；在邊緣的是下降中的電漿，因溫度較低而顯得較為暗淡。一個米粒組織典型的大小約 1,000 公里直徑可以存在 8 至 20 分鐘。除了典型的米粒組織之外，還有直徑達 30,000 公里，生命期超過 24 小時的超米粒組織。

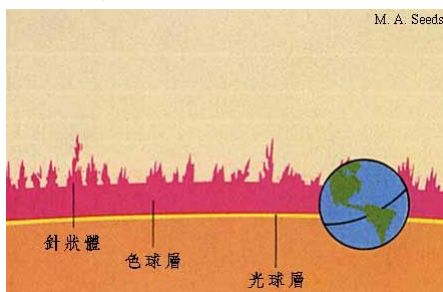


投影展示米粒組織比例圖(左)和米粒組織結構示意圖(右)

- **【短片欣賞】**：播放 Youtube 短片《Sunspot, Granulation and Convective Flow》，讓學生注意片中黑色物質的運動方式（物質是向下沉降—稱為黑子）

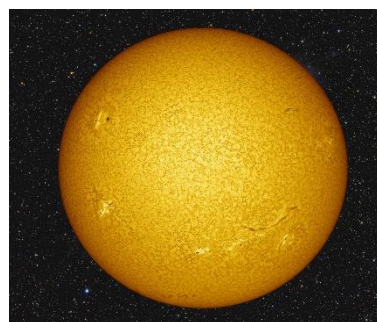
二、太陽大氣層

- **【光球層介紹】**：太陽是有大氣層的！對流層以外就是大氣層，由光球層、色球層、日冕與太陽風組成。



投影展示太陽大氣層示意圖

我們所看到的太陽表面即是光球層。光球層約 500 公里厚，溫度約 5800 K 我們所看到的太陽表面即是光球層。仔細的觀測可看到尺度大小約為 1500 公里的米粒組織，此一結構是由對流所造成的。另外可明顯地看到太陽黑子（後面將會詳細講解）。光球物質相當不透明，做太陽觀測時，在太陽盤面中部視線與光球表面垂直，通過很短的距離就看到溫度較高的光球層底部，而在盤面邊緣，視線幾乎與光球表面平行，即使通過比較長的距離，也只能看到溫度較低的光球上層，這種太陽盤面中央較亮而邊緣較暗的現象稱為臨邊昏暗。如圖，光球層的



圖片

2

短片

1

圖片

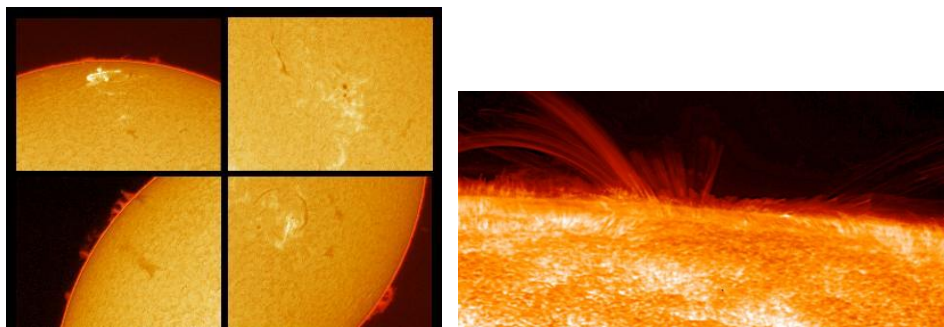
2

透明度很低，視線所能穿透的光球層有一定的厚度。在盤中央地區視角垂直盤面，能看見溫度較高的光球層底部。而近盤面邊緣，同樣的穿透深度只能看到溫度較低的光球層頂部，故有圖中臨邊昏暗現象。

- **【色球層介紹】**：色球層沒有明顯的上邊界，太陽的邊緣氣體密度很低，使得此部份的發光強度，只有光球的萬分之一。在日全蝕中，當月面恰好把光球全部遮擋時，才能看到玫瑰色的色球層，而這也是色球層名稱之由來。色球層的玫瑰色澤來自氫原子的 $H\alpha$ 譜線(波長 6560 埃)，可以由特別的太陽望遠鏡觀察得到，肉眼是不能看見哦！（展示太陽望遠鏡，後面將會有更詳細講解）



如以下照片使用只能透過 $H\alpha$ 波長的濾波片拍得。同學們是否看見色球層？你會發現色球場上會有針狀體，是射入太陽較高溫的外大氣層之冷噴流。



投影展示老師拍攝的太陽色球層(左)和太陽針狀體照片(右)

色球層的溫度隨高度的增加而上昇，由光球層頂部的 4200 度升至數萬度的高溫。根據升溫的情況，大約可將色球層分成三部份：在厚度約為 400 公里的底層，溫度由 4200 度升到 5500 度。然後在 1200 公里的中層，溫度緩慢上升到 8000 度。在最後約 400 公里厚的高層溫度急劇升至數萬度，且在不到 5000 公里的高度裡，過渡到日冕的百萬度以上之高溫。有些同學開始有疑問，為什麼太陽大氣層會愈高愈熱？比光球層溫度還要高？科學家一直都未能了解。

- **【日冕介紹】**：日冕層厚約太陽半徑的 1.3 倍，溫度約 100 萬度。日全食時當月面將色球遮掩後，可見到圍繞太陽四周有一片淡白色的暈，這就是日冕，肉眼是不能看見哦！只有在日全食或使用日冕儀時才能觀測到。（投影展示日全食時日冕照片）



圖片

望遠鏡

3

圖片

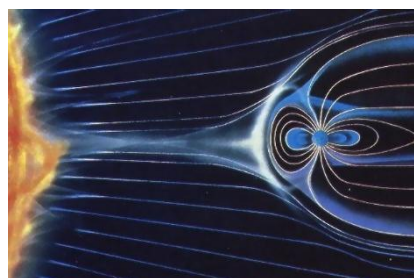
圖片

1

日冕物質非常稀薄，其密度約為地球表面大氣的十億分之一，比實驗室能達到的高真空還要低，故只有在日全食時才能觀測到。日冕的溫度非常高，可達二百萬度以上，如此高的溫度可能是經由儲存在太陽磁場中的能量加熱而成的，但確切的過程為何，仍待進一步的研究。

- **【太陽風介紹】**：高速的離子氣體(質子，電子)被吹離太陽者被統稱為太陽風。日冕的溫度高達百萬度以上，因此日冕物質粒子的熱運動速度都非常快，脫離日冕而遠離太陽的高速離子即為太陽風。太陽風的傳播速度約為 450 公里/秒，某一個太陽探測船最近傳回來的數據顯示，由太陽極區流出來的太陽風之速度更可高達 750 公里/秒，而且極區太陽風的成份也略有不同。

太陽風中的高能粒子如直接吹襲地球表面，對地球的生命與生態環境具有極毀滅性的影響。但地球有磁場與大氣的遮蔽，大部份的高能粒子被阻隔在地球之外，少部份在地球的極區進入地球的粒子與空氣分子相碰撞，使空氣分子游離並發出瑰麗的極光。太陽的高能帶電粒子繞地球的磁力線作螺旋運動並飛向地球南、北極區與地球空氣分子受撞擊激發並發出各種波長的光，在可見光的部份，氧分子發出綠光而氮分子發出紅光。在太陽發生磁暴後，極光活動最強。除了地球外，其他行星也有極光現象。在這過程中高能粒子損失了大部份的能量，也降低了其傷害性。

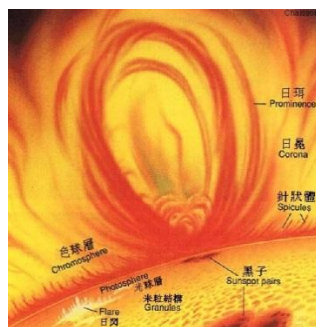


(投影展示太陽磁場線圖片)

- **【短片欣賞】**：播放 Youtube 《2010 挪威的極光》並邊看邊講解。我國古代對極光的可靠記載將近 300 次，最早見于西元前 950 年，記載中主要以各種顏色的「氣」來描述極光，如「赤氣」、「紫氣」等。西漢以前的古人將極光視為吉兆，常稱之為「神光」或「神氣」。而西漢以後漸將極光視為凶兆，認為極光是未來戰亂兵災或天災人禍的警示。

三、太陽活動

- **【黑子的介紹】**：太陽表面活動主要有黑子、耀斑、和日珥。



投影展示太陽活動照片，讓學生指出太陽活動

太陽活動中最顯著的是太陽黑子。我國先民早在春秋時期就有「日中

圖片 2

短片

2

圖片

3

有三足鳥」的記載，而這「三足鳥」指的是形似烏鴉的太陽黑子，也因此古代太陽常被稱為「金烏」。

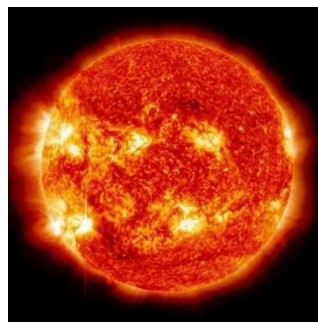


投影展示三足鳥照片(左)和太陽黑子照片(右)

研究太陽黑子活動的過程中，天文學家發現太陽大氣還有日珥、日閃、日冕凝聚等活動，而這些活動皆與太陽黑子活動有關。太陽黑子有幾個重要特徵：

- (1) 中心溫度較其他太陽表面低。中心的溫度約 4000 度，與其他太陽表面對比較冷故呈黑色，但實際上單一黑子的照度與滿月相去不遠。黑子的大小不一，最大者可達地球直徑的兩倍。
- (2) 黑子通常成群出現。多數太陽黑子成群結隊隨太陽自轉移過日面，早在伽利略時代就已發現觀測黑子在日面的運動，可以找出太陽的自轉週期。
- (3) 太陽黑子週期約為 11 年。
- (4) 由半影黑子和本影黑子組成。
- (5) 大小不一，2 千米至 7000 千米。
- (6) 代表有磁場爆發。

- **【設問】**：同學想一想，太陽表面為何會有黑子？為何會有溫度較低的地方？（同學思考自由回答）
- **【解答】**：一般認為太陽黑子和其活動性，起源於熱對流與各部份的較差自轉。太陽赤道部分的轉速(自轉週期約 25 天)，較南北極部分的轉速(自轉週期約 35 天)快，由於旋轉速度的差異性，造成磁力線的糾結。太陽內部的擾流將此磁力線糾結部分浮出太陽表面而形成所謂的太陽黑子。
- **【短片欣賞】**：播放 Youtube 短片《NASA SDO - Traveling Sunspots》。
- **【日珥的介紹】**：因為表面噴出熾熱氣流形成呈耳朵形成的現象，所以稱為日珥。日珥是太陽表面噴出的熾熱的氣流，是在太陽的色球層上產生的一種非常強烈的太陽活動，是太陽活動的標誌之一。投影在日面上的日珥稱為暗條，為巨大的扭曲磁場所造成的。有不同形狀的日珥。（展示老師所拍攝不同形狀的日珥－同學們嘗試看看不同日珥與什麼相似）
- **【耀斑的介紹】**：耀斑是太陽表面巨大的能量變化情形，在幾分鐘內達到最大，而在不到一小時內消滅掉。可輻射出 X-光，紫外線，可見光，



1

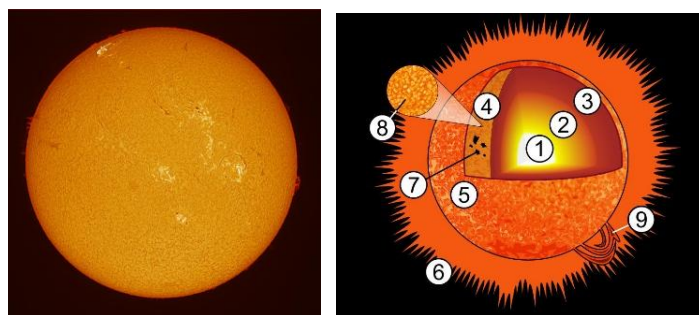
短片

1

圖片

1

| | | | |
|--|---|------|---|
| | <p>高速的質子與電子。一個巨大的日閃約可放出數十億噸 TNT 炸藥。所輻射出的高速粒子是造成地球極光的主因。日閃活躍時，會造成地球通訊的干擾！太陽上的電漿被加熱至一千萬度大部份閃焰都出現在太陽活躍的區域如黑子附近閃焰的能量主要來自於日冕突然釋放的磁能。閃焰出現後，可以觀察到亮度突然增加，無線電波、紫外線、X 射線流量也會猛增，有時還會發射高能的 γ 射線和高能帶電粒子。閃焰所放出的 X 射線及紫外線可影響地球大氣層中的電離層，破壞人類的電磁通訊。閃焰出現的頻率不定，在太陽活躍時，可幾日就出現一次。相反在太陽穩定時，整星期也未必出現一次。（投影展示圖中太陽較光亮的地方就是耀斑。）</p> <p>➤ 【短片欣賞】：播放 Youtube《NASA 公佈太陽耀斑爆發圖像》，影像中可以觀看到耀斑爆發的場景，也是罕見的日冕雨的影片。</p> <p>➤ 【學生活動】：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 給學生觀看一張由老師拍攝的全日面照（如下左圖），在照片中指出黑子、日珥、耀斑、針狀物的太陽活動位置。 2. 在照片中數一數當時太陽的黑子共有多少組？（共 6 組） 3. 在照片中數一數可觀察的日珥多少個（共 3 個） 4. 回答照片中太陽是那一層？（色球層） 5. 完成教材中第五章第二節太陽結構的「做一做」內容，填寫太陽內、外結構和太陽活動（如下右圖）。 | 圖片 | 2 |
| | <p>1. 給學生觀看一張由老師拍攝的全日面照（如下左圖），在照片中指出黑子、日珥、耀斑、針狀物的太陽活動位置。</p> <p>2. 在照片中數一數當時太陽的黑子共有多少組？（共 6 組）</p> <p>3. 在照片中數一數可觀察的日珥多少個（共 3 個）</p> <p>4. 回答照片中太陽是那一層？（色球層）</p> <p>5. 完成教材中第五章第二節太陽結構的「做一做」內容，填寫太陽內、外結構和太陽活動（如下右圖）。</p> | 短片 | 2 |
| | <p>投影老師拍攝的全日面照</p> | 圖片 | 5 |
| | <p>➤ 【短片欣賞】：播放 Youtube《太陽日冕大爆發恐引大氣層磁暴》，讓學生注意太陽對地球有何影響。</p> <p>➤ 【太陽活動的影響】：首先對地球電離層的影響，電離層在離地面 80-500 km 高度範圍內的大氣中，有若干層大氣分子全部或部分處於電離狀態，這個層次的大氣被稱為電離層。耀斑爆發時，發射的電磁波進入地球電離層會引起電離層的擾動。此時在電離層傳播的短波無線電信號會被部分或全部吸收，從而導致通訊衰減或中斷。擾動電離層，影響無線電短波通訊。其次是對地球磁場的影響：擾動地球磁場，產生磁暴現象。整個地球是個大磁場，周圍充滿磁力線。磁暴一般發生於太陽耀斑爆發後 20-40 個小時，它拋射出大量帶電粒子流，經過地球附近時強烈干擾地球磁場，使磁場方向和強度突然發生不規則變化。會使羅盤指標搖擺，不能正確指示方向。</p> | 自編教材 | 2 |



投影老師拍攝的全日面照

利用望遠鏡進行的太陽投影法設備較昂貴，兼且講求一定的使用技術，否則亦有可能引致危險，學生使用會較為困難和需要指導。學生可進行的太陽觀測，主要集中在量度太陽影子或投影位置的變化，及當有日食發生時量度太陽形狀的變化。這兩種變化均可使用鞋盒針孔投影儀量度。

➤ **【設問】**：大家認為可否使用市面上普通的太陽眼鏡觀察太陽？（展示太陽眼鏡）（學生思考回答）

➤ **【解答】**：莫用眼睛直接看，戴太陽眼鏡觀察是很危險！就如日全食的全過程中，有些時段是不能用眼睛直接看的，否則會造成視力永久下降，甚至失明。以下方法雖然廣為流傳，但是並不科學，可能對眼睛造成傷害。所以是最危險的觀測日全食方法，用太陽眼鏡直接觀測日全食會傷害眼睛。

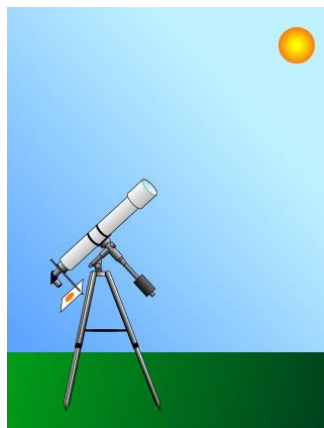
總括太陽觀察有以下三個要點：

一)絕對不可直接望向太陽；

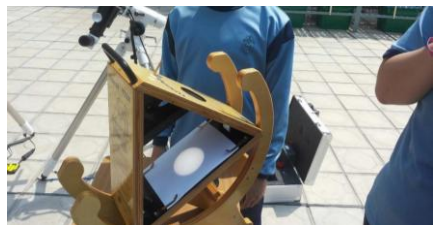
二)不可使用燻黑的玻璃、徹底曝光的菲林、一盆墨水或太陽眼鏡等觀看太陽；

三)不要連續觀測太陽超過一分鐘，應不時讓眼睛充分休息。

➤ **【投影觀察】**：所謂投影觀測法，就是在天文望遠鏡上裝上太陽投影板，把太陽像放大投影到投影板上觀測太陽的方法。（學生打開教材第五章第三節右圖圖示）運用投影法，我們可以安全地觀察太陽的白光光球層，最容易觀察的特徵是太陽黑子。這方法是讓太陽光經望遠鏡主鏡到達一個普通 90 度天頂菱鏡，再經目鏡後投影到一個暗的表面。投影法只能用於折射鏡上，原理跟投影機一樣將太陽盤面投射



在望遠鏡後一塊版子上(通常是白色)，觀測項目為太陽連續光球層特徵由於望遠鏡主鏡前不作任何減光，使用時要特別小心。較方便和安全的方法是購買 Solarscope 或 Sunspotter，後者更容許觀察者 360 度圍著儀器觀察太陽影像，適合教學或大型觀察活動。（向同學示範兩種投影法）



在課室中示範兩種投影法的觀察方法

太陽眼鏡

2

Sunspotter 投影

6

折射望遠鏡投影

6



【前置減光觀察】：如要直接觀察太陽，必須把陽光進行減光！最便宜的太陽減光觀察方法 便是購買一些有太陽濾膜的 Solar Viewer，價值約為\$10-20，影像的顏色為橙紅色，如同黃昏的「咸蛋黃」。不過，由於我們只是透過 Solar Viewer 用肉眼觀察太陽，沒有經任何放大，所以看到的太陽很小，除了用來觀察日蝕或作非常簡單的太陽拍攝外，其實用途不大。（在課室內展示 Solar viewer 示用方法）



另一選擇是 Baader 的太陽濾膜，影像呈微紫的灰白色。一張 A4 大小的太陽濾膜價值約\$200，長一米的形式則約值\$800。濾膜可剪成不同大小，配合雙筒鏡或單筒鏡使用，因此能做較高倍的觀察。由於濾膜可自由剪裁，配合不同大小的天文儀器，甚至配合相機鏡頭，彈性很大，使用方便。Baader AstroSolar Film 分 ND3 和 ND5 兩種，數字越大，減光越多。ND5 透光率是 0.001%，可用於目視和攝影。ND3 透光率是 0.1%，不可目視，只用於攝影。在現時的數碼年代，一般來說 ND5 已可滿足目視和攝影的需要。每次使用太陽濾膜前，必須檢查有沒有漏光，例如你可以透過濾膜觀察強電燈泡。



在課室展示 Baader 的太陽濾膜，並讓同學嘗試使用並觀察電燈炮

另一個是 Thousand Oaks 太陽濾鏡，一個含玻璃的太陽濾鏡，比 Baader AstroSolar Film 耐用，影像顏色近乎真實的橙黃色太陽。濾鏡有不同大小選擇，配合不同口徑的望遠鏡。顧名思義就是再望遠鏡放一塊濾鏡減低太陽亮度，以 BAADER 的 D5 可以將太陽光減至 1/10000 以下適用目視，攝影 D3 則減至 1/6400，觀測目標為光球面之黑子，白斑及米粒組織，須注意的是這類的濾鏡是以塑膠聚合物為基底上鍍上金屬膜，所以除了有玻璃保護的濾鏡外使用前要注意有無破損以及老化。我校並沒有 Thousand Oaks 太陽濾鏡，因此只可以使用網上資源觀察其效果。

Solar
Viewe
r

Baade
r 的太
陽濾
膜

照片



利用 IPAD 展示 Thousand Oaks 太陽濾鏡和觀察效果

- **【單濾鏡窄頻觀察】**：以我校的太陽望遠鏡為例。(展示 H α 太陽望遠鏡) 顧名思義這玩意兒就是專門拿來看太陽，但是太陽活動並不是減光加巴德膜就可以觀測的。這就要淺說一下太陽大概表面構造，太陽構造表面由內而外分光球層與色球層。一般我們僅能對光球層表面連續光譜做直接觀測，這裡可觀測到構造為黑子、白斑、米粒組織，這些都可以使用 Thousand Oaks 太陽濾鏡觀察。

但色球層（太陽的大氣層只 2000-3000km）因為在強光的光球層上需要用太陽望遠鏡或專用窄平太陽濾鏡觀測，其原理是色球層主要光線是由氫原子的 H α 譜線（波長 6560 埃）所產生，所以可以針對透過 H α 譜線進行觀測這裡能看到色球層如針狀物、色球層耀斑、日珥、黑子。（利用 IPAD 展示 H α 鏡拍攝照片，並與 Thousand Oaks 太陽濾鏡照片作比較）

白光濾鏡，即之前所介紹過的各種前置減光方法，容許各種顏色的可見光通過，即是所有波長約為 400nm 至 700nm 的光波均可通過。運用一些特別的太陽濾鏡，我們可以只觀察一些特定波長的光波，欣賞更多有趣的現象。較有科學價值的其中幾個波段包括波長為 656nm（又稱 H-Alpha 譜線）。

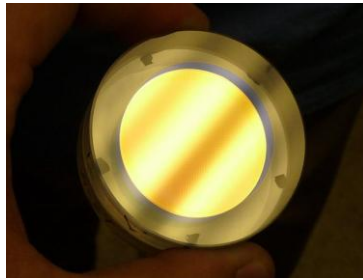
對業餘觀察者，H-Alpha 的一個非常受歡迎的選擇。透過 Ha 濾鏡，你可以觀察到太陽的色球層，包括多種有趣壯麗的太陽現象。

數十年前，Ha 濾鏡是大學、研究所和天文台才會擁有的昂貴器材。透過引入新技術，這些濾鏡的造價已大幅降低，成為業餘愛好者都能擁有的太陽觀察利器，是近年業餘太陽觀察發展最急的方向。由於 Ha 濾鏡只容許特定波長(656nm)進入濾鏡，因此精度要求極高。濾鏡的心臟為一個稱為 Etalon 的東西，由兩塊平玻璃組成，中間空腔為空氣。運用光的干涉，如果空氣的厚度為某些特定數值，Ha 光便可通過，其他光便不能通過，嚴格來說，是絕大部份光波都不能通過，但一些其他特定波長的光仍可通過。由於厚度要很精確，玻璃必須要非常平，不規則的程度不能超過約 1/100 波長，也要確保分隔兩塊玻璃的東西厚度精確。

Ha 太陽濾鏡

8

照片



利用 IPAD 展示 Ha 濾鏡的心臟鏡片

光進入 Etalon 前，要經過一個稱為 ERF 的濾鏡，把紅外線及紫外線除去。經過 Etalon 的光，除了 656nm 的 H-Alpha 光外還有其他特定波長的光，因此在鏡的後端要裝上一個阻隔濾鏡，稱為 Blocking Filter，離開阻隔濾鏡的光便只有 Ha 光，最後經目鏡進入眼睛。(利用 Ha 太陽鏡講解以上進光原理)



在課室中利用 Ha 太陽鏡講解進光原理



投影展示兩種望遠鏡觀察後的不同效果

- **【深入】**：可能不少同學第一次看 Ha 影像的感覺只是看到一個燈紅色的圓形，完全沒有表面細節，和攝影的效果相差很遠，覺得白光影像較「易看易明」。其實，要看到攝影的效果，除了觀察時要多一點耐性外，購買頻寬較窄的 Ha 系統也有不少幫助。

什麼是頻寬？Ha 濾鏡只容許 656nm 波長的紅光通過，但其實沒有器材能完全隔除比 656nm 大和小一點的波長通過。粗略地說，頻寬便是通過波長的範圍。如果頻寬極大，即是很多波長都能通過，影像便好像白光般；如果頻寬極窄，即是只有極少波長能通過，雖然影像較暗，但「更似 Ha 影像」，即是反差高，太陽表面更充滿細節。

Ha 太陽濾鏡

圖片

4

一般平價濾鏡的頻寬約為 1\AA ($1\text{\AA}=0.1\text{nm}$)，太陽表面細節難以觀察，但邊緣的日珥會很光亮。如果要表面細節較豐富，最少要選擇 0.7\AA - 0.8\AA 左右的產品。由於進入的光波較少，邊緣的日珥會比 1\AA 濾鏡暗少許，但豐富的表面細節絕對能彌保這個損失。

如果要表面細節更明顯，效果好像處理過的太陽照片般，非常震撼，似高度處理的相片，便要 0.5\AA - 0.6\AA 的產品，邊緣日珥會更暗淡，價錢亦更貴。一般來說， 0.7\AA 是平衡邊緣日珥和表面細節的較佳選擇。而我校的太陽望遠鏡就是 0.7\AA 。

➤ **【總結】**：同學打開教材第五章第三節以下表格。

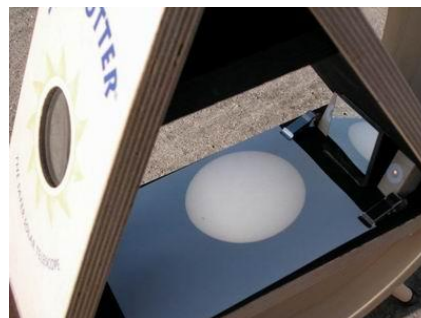
| 方 法 | 優 點 | 缺 點 |
|---------------|------------------|------------------------|
| 投 影 觀 察 | ①較便宜 ②可多人同時觀測 | 影像質素低，不適作 太陽表面精細的觀測 |
| 前 置 減 光 觀 察 | 安裝在望遠鏡進行直焦拍攝 | 昂貴 |
| 單 濾 鏡 窄 頻 觀 察 | 可觀測色球層更細緻的結構 | 造價極昂貴 |

二、太陽觀察操作

➤ **【Sunspotter 使用方法】**：同學嘗試使用 Sunspotter、折射望遠鏡投影和 Baader 的太陽濾膜安裝在望遠鏡上觀察太陽，過程中老師作指導。

Sunspotter 使用方法：

1. 首先固定在安全地面。
2. 鬆開固定螺絲。
3. 儀器上木棒陰影部份與木棒重疊。



4. 把太陽光影投射到 Sunspotter 內白色圈圈當中。



5. 放一張白張，太陽就會投影在紙上。

自編
教材

1

Sunsp
otter

3

折射

3

6. 學生在太陽投影中嘗試尋找太陽黑子。

➤ **【折射望遠鏡投影方法】：**

1. 首先固定腳架並安裝折射鏡。



2. 對準太陽，此時需要老師輔助，切密禁此學生直視太陽。

3. 安裝目鏡，太陽光線投影在箱內的白紙上。



➤ **【太陽濾膜使用方法】：**

1. 重複以上步驟，最後安裝太陽濾膜。

2. 安裝目鏡後，就可以用肉眼觀察太陽。



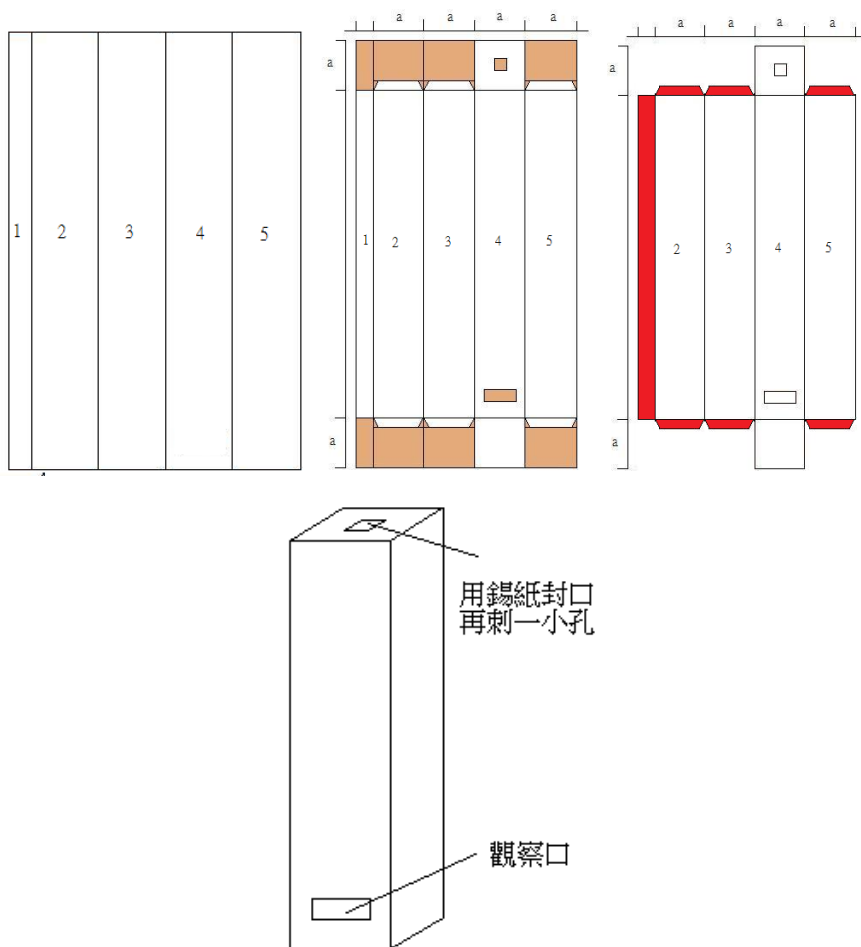
望遠
鏡

太陽
濾膜

3

四、工作坊教案：針孔太陽投影儀

- **【教學時間】**：60 分鐘。
- **【教學目標】**：
 1. 能說明針孔太陽投影儀的原理。
 2. 能動手做針孔太陽投影儀 DIY。
 3. 能熟練操作投影儀。
 4. 能利用投影儀計算太陽直徑。
- **【教學使用材料及工具】**：黑卡紙，或鞋盒或差不多大小的盒子塗黑)、白紙、切紙刀、針、膠紙、錫紙、膠紙、尺。
- **【教學流程】**：
 1. 先展示成品引起動機。
 2. 介紹：由於太陽光的強度比我們眼睛可以承受的強度高 1 萬倍，所以用來直接觀測太陽的減光設備，必須能夠將陽光減弱 1 萬倍。減光設備除了要對可見光有效外，對紅外線和紫外線也必須有相若的減光作用。由於用肉眼不能分辨出哪些設備可有效地減少紅外線和紫外線，所以必須使用經專業人士測試證明有效的設備。對於沒有專業設備的人士，間接的太陽觀測方法是最安全的太陽觀測方法，其中包括不需要光學鏡片的針孔投影儀，和利用望遠鏡及太陽投映板進行的太陽投影法。針孔投影儀的設備很簡單，但投影出來的太陽影像較小，清晰度較低；利用望遠鏡進行的太陽投影法設備較昂貴，兼且講求一定的使用技術，否則亦有可能引致危險，學生使用會較為困難。學生可進行的太陽觀測，主要集中在量度太陽影子或投影位置的變化，及當有日食發生時量度太陽形狀的變化。這兩種變化均可使用鞋盒針孔投影儀量度。
- **【製作流程】**：
 1. 將長方形的卡紙分成 5 份，其中 4 份闊度相等，剩餘的一份較窄。
 2. 將其畫成下方圖案，肉色的部份需要剪去!留意上下剪掉的長度(圖中最左邊「a」的長度)要和 2,3,4,5 的闊度相等。
 3. 剪出來的卡紙會變成下方模樣，將紅色的部份向內摺(同一方向)
 4. 用膠水將其製成一個長盒，用一張錫紙將盒頂的正方口覆蓋，再在錫紙上刺一個小孔。最後將一張白紙放入盒內底部即可!並在白紙上畫出 5 毫米間距。
 5. 在一張與盒子長度一張的白紙上畫出太陽光球層、色球層和日冕並填上顏色，把圖畫貼在投影盒一側。



- **【總結】**：投影盒愈長，投影出來的影像愈大，但光度亦會愈暗！如果太長的話就會暗得看不到了！如果你發現影像太暗，可以將小孔稍稍擴大。盒內放的一張白色紙能夠有效地反射陽光，從而使影像看得更清楚。利用釘孔太陽投影儀用來觀察日蝕時，要留意光影的外形變化！其變化正正反映了日蝕的情況！釘孔刺得愈細，看出來的影像就愈分明。
- **【統整活動】**：
 1. 歸納同學操作上容易出現的問題。如錫紙上釘孔別要太大；圖中最左邊「a」的長度要和 2,3,4,5 的闊度相等。
 2. 介紹如何使用針孔投影儀。
 3. 利用投影儀計算太陽直徑（讓學生思考嘗試解答問題），方法如下：
已知：盒長度為 25 公分，太陽投射的光影直徑為 2.5 毫米，地日距離是 1.5 億公里代表盒長度，則太陽直徑約 150 萬公里。

五、工作坊教案(2)：日晷

- **【教學時間】**：60 分鐘。
- **【教學目標】**：1. 能動手製造赤道式日晷。2. 能熟練操作日晷。3. 能利用赤道式日晷來測量時間。4. 能了解赤道式日晷的簡單原理。5. 能利用日晷說明太陽升落方位變化和季節性的規律變化。6. 能認識地球自轉的原理。
- **【教學使用材料及工具】**：兩張 CD 片、兩張影印好的赤道式的日晷 A4 紙張（另發兩張 A4 紙，學生可以自行設計；其中一張 A4 環保紙剪成縱向的 5 張紙條，再將紙條重疊在一起）、一瓶膠水、一支竹筷、長尺、刀片／剪刀、顏色筆、膠紙、筆。



➤ **【教學流程】**：

1. 引起動機：介紹各式各樣不同形狀、不同地方的日晷。
（照片投影：上海市世紀大道日晷照片、曼陀玲上的日晷照片、北京紫禁城內的赤道式日晷照片、地平日晷照片）

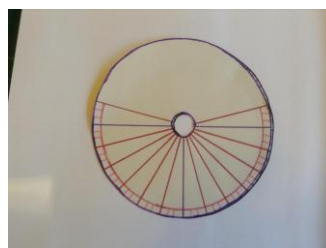
2. 介紹日晷的構造：主要是分成晷面和晷針。3. 介紹日晷種類：有水平式、垂直式、赤道式的日晷。4. 介紹赤道式日晷原理：（教具展示）「赤道式日晷」，這種型式的日晷，因其受影面與地球赤道面平行而得名，也因形狀似陀螺，有人稱它為「陀螺式」日晷。赤道式日晷的投影面~受影面要與晷針面垂直，受影面的刻度間隔都是 15 度，



- 每小時為 15 度（一天 $360 \div 24 = 15$ ），等間隔的刻度是赤道式日晷最大特徵。至於晷針~晷針的仰角（與水平面的夾角）要與觀測地的緯度相同，澳門的仰角就是 22.2 度，受影面才能與地球赤道面平行。測量時，晷針要正對北方（北半球），南半球則朝南。值得注意的是，夏季冬季是照射不同面，半年是照到受影面的北面，半年是照到南面~受影板的兩面都要劃上刻度。

➤ **【製作流程】**：

1. 學生將 CD 光碟的兩面貼上晷面刻度列印紙。



2. 測量免洗筷，在 14.7 公分處劃上記號。



3. 將免洗筷的記號處對準紙條後，將紙條緊緊的捲起來。紙條捲好後用透明膠帶黏起來固定好。



4. 使用竹筷穿過光碟中間，再用透明膠帶固定，即可完成最基本簡易的赤道式日晷。(提醒學生調整竹筷在南半球一端的長度，使日晷放在水平面時，晷針剛好有 22.2 度的仰角(澳門緯度)，來幫助指向北極星)

5. 晷針(相當於地球自轉軸)必須指向北極星，因為天球上的太陽就是繞著此一轉軸規律運行的。調整竹筷在南半球的一端，使其距離原盤中心點長度 14.7 公分，如此，將此日晷放在水平地面時，剛好可以有 22.2 度的仰角，可以幫忙指向北極星。



➤ **【統整活動】：**

1. 日晷使用技巧：使用指北針，將日晷放好，晷針對準正北方。看看影子的落點，即可知道當時的時間。
2. 拿著日晷與指北針，到太陽底下計時，看誰測得的時間最準？
3. 歸納同學操作上容易出現的問題。例如：放的地方沒有水平、沒有對準正北方、晷針歪掉了、晷針沒有和晷面互相垂直，這些都會造成誤差。
4. 介紹如何校對日晷時間。參考自製赤道式日晷所附表格。
5. 補充介紹：赤道式日晷製作原理。只做簡單說明，例如：晷針要朝向正北方的一定仰角，其實就是要指向北極星(相當於地球的自轉軸)；太陽繞著晷針穩定的繞圈，並且在垂直於晷針的平面(地球赤道切面)上投影，每 24 小時轉一圈 360 度，相當於每小時轉動角度 15 度。所以我們製作的晷面上每小時之間的角度就是 15 度。
6. 討論：為何日晷上顯示的時間比手錶上的時間會慢約半小時？(引入地理課時區和地方時的概念；再按情況深入講解平太陽時和真太陽時概念)

六、太陽導賞活動計劃簡介

一、活動目的：從觀察和利用儀器認識太陽結構，向校內學生推廣太陽科學，普及天文知識。

二、活動內容：

1. 在攤位中展示同學在工作坊製作的日晷和針孔太陽投影儀，並由同學親自講解，讓校內同學認識古代太陽觀察方法。
2. 在攤位中展出各種太陽觀察儀器，包括太陽望遠鏡、太陽投影儀和日晷儀，並由同學親自講解，讓校內同學認識現代的太陽觀察方法。
3. 在攤位中展示本校所拍攝的太陽照片，並由同學親自講解太陽內外結構、物理特徵和太陽活動等。
4. 在攤位中展示兩份太陽展版，包括太陽結構和太陽觀察方法，讓途經同學可以閱讀理解。
5. 如天氣許可，可讓校內同學親眼利用太陽望遠鏡、太陽投影儀、針孔太陽投影儀和日晷儀觀察太陽，由天文班同學講解。

三、活動地點：學校廣場。

四、活動時間：

1. 視乎天氣而定，大約 2 月至 5 月。
2. 星期三至星期五，共三天。
3. 時間為 12:15 分至 17:00。

五、活動分工：天文班共十五位同學，每五位同學為一組，每組負責一天攤位。

1. 兩位同學負責講解／使用針孔太陽投影儀和日晷。
2. 兩位同學負責講解／使用太陽望遠鏡和太陽投影儀。
3. 一位同學負責講從太陽照片中講解太陽知識／協助另外四位同學。

六、預期成果：校內至少有 100 個學生參與。

七、試教評估、反思及建議

本章的教學目標是讓學生能認識太陽的基本知識，並能使用古代和現代的儀器觀察太陽活動，最後組織太陽導賞活動把所學知識回饋校內師生，整個章節課程分為理論課、工作坊、太陽觀察操作和導賞活動四大項目。

整合課程以太陽導賞活動成功與否作為課程最終的評核準則，進行導賞活動前必須讓學生先認識太陽的基本知識，包括成份、能量來源、內部結構、大氣層、太陽活動和太陽方法等。在第一課時利用日常生活用品（藍球、紅豆、沙粒、岩石）作為例子，比喻為太陽和各大行星的大小比例，引入太陽基本知識，學生反映此活動印象深刻，然而改善的地方是老師可以安排四位學生分別手持藍球、紅豆、沙粒、岩石，學生之間的距離按照各行星到太陽距離的比例一致，這個活動除了讓學生知道天體的大小差異，還可認識太陽與各行星之間的距離，讓學生更能深刻認識太陽的直徑和太陽系的距離。每一個課時都加插數分鐘的短片欣賞，演示抽象的太陽能量來源、太陽內部結構和外部大氣層，目的是能把知識形象化，吸引學生的注意力，也通過新聞短片了解現時科學家研究太陽活動的方法和進展，把所學知識貼近時事，最後學生都能填寫作業上的內容（太陽結構）。不過要注意的是，當為課題搜尋影片時，盡可能更新短片／新聞的資訊，因為關於太陽的知識日新月異，平時須定期搜集有關太陽活動的新聞，不斷更新天文知識。另外，在講解太陽的能量來源時，可以播放短片進行關於太陽能發電的小型辯論比賽，整個比賽每位學生的參與程度良好，過程大致順利，有部份學生更提出有前瞻性的建議。然而對於未嘗試、未熟悉整個辯論過程的學生來講，需要花費一段時間解說辯論過程和注意細則，使比賽結束的時間比原定時間超過約二十分鐘。因此建議在有限時間內進行有天文課題的主題性辯論比賽時，最好先使用十分鐘時間講解辯論流程，分組回家搜集資料，再利用一整個課節進行比賽，這種安排較彈性，學生也有更時間作資料搜集。

理論課之後，課程會安排兩次工作坊和一次太陽觀察方法操作。工作坊包括

製作針孔太陽投影儀和日晷儀，目的是通過簡單的天文製作認識古代天文儀器的結構和使用原理。每次工作坊只需兩小時，製作時間普遍充足，大部份學生還可以即時測試和使用儀器，學生反映印象深刻，對太陽直徑和時差的計算有更深的認識，有部份同學更能回答更深層次的問題。然而有個別同學未能在有限時間之內完成，老師只需要個別指導後可帶回家繼續完成，所有製作成品皆達標，外型精美且用心，建議的地方是在製作之前先講解製作原理，掌握了兩種儀器的使用方法和幾何結構後，再進行勞作，製作時間會大幅減少，另外，勞作所需材料最好由老師親自準備，這樣可避免材料規格不一。在介紹古代儀器的使用之前，可先安排第三個課時教授如何使用古代和現代儀器觀察太陽，儀器除了之前所講的針孔太陽投影儀之外，還包括 Solar viewer、巴德膜、太陽投影儀和使用望遠鏡觀察太陽光球層和色球層等，目的讓學生可利用簡單的科學觀察方法進行天文探索活動，親眼觀察太陽黑子、日珥活動等。整個過程非常順利，學生通過觀察、接觸和使用，認識各種儀器的使用目的、優點和缺點，而且同學都能回答問題，並能操作各種儀器，然而缺憾是把‘校內觀日實習’放置在課程的開始，學生未學習過理論知識，更未認識儀器的操作和性能，完全沒有時間深化所學知識。建議應該把操作實習放置在操作課程之後，在課室內講解基本的操作和使用方法後，再到戶外進行操作實習，效果會更佳。

最後，太陽導賞活動是整個章節的最後評量手段，學生需親自組織一個有關太陽知識的攤位活動，內容包括展板、太陽觀察、照片展示、有獎問答等。整個活動為期一天，共有一百多位同學參與，教學階段由小學六年級至高中三年級，參與者都能透過此活動認識太陽知識和親眼觀察太陽活動，認識黑子和日珥，並且能回答問題領取獎品。每位負責的同學都能對自己的崗位盡責，雖然解說技巧有待改善，但在老師的指導下都能獲提升，可見整個攤位活動如有老師親自在場指導必然事半功倍，因此本人認為此次攤位活動是成功的。建議在舉辦攤位活動之前事先讓同學演練數次，務必精通內容，才能發揮教學相長的目標。

八、成果展示

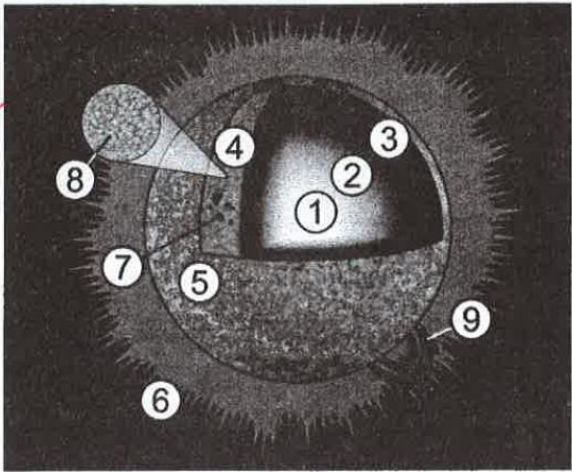
一做！

你能夠認識太陽有多深？

①-⑥是太陽內部和外部結構

⑦-⑨是太陽活動的現象

| | |
|--------------|---------------|
| ① <u>核心區</u> | ② <u>輻射區</u> |
| ③ <u>對流區</u> | ④ <u>光球層</u> |
| ⑤ <u>色球層</u> | ⑥ <u>日冕層</u> |
| ⑦ <u>黑子</u> | ⑧ <u>米粒組織</u> |
| ⑨ <u>日珥</u> | |



學生作業(一)

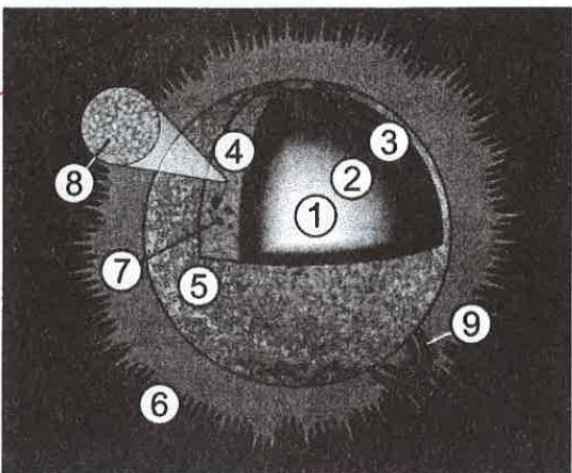
一做！

你能夠認識太陽有多深？

①-⑥是太陽內部和外部結構

⑦-⑨是太陽活動的現象

| | |
|--------------|---------------|
| ① <u>核心區</u> | ② <u>輻射區</u> |
| ③ <u>對流層</u> | ④ <u>光球層</u> |
| ⑤ <u>色球層</u> | ⑥ <u>日冕層</u> |
| ⑦ <u>黑子</u> | ⑧ <u>米粒組織</u> |
| ⑨ <u>日珥</u> | |



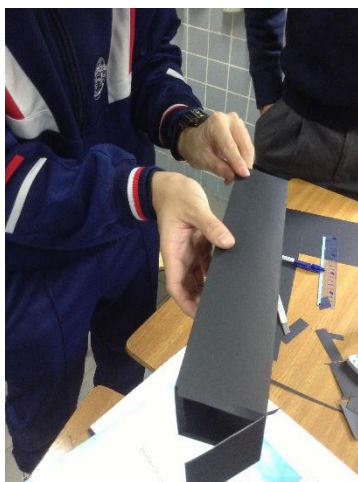
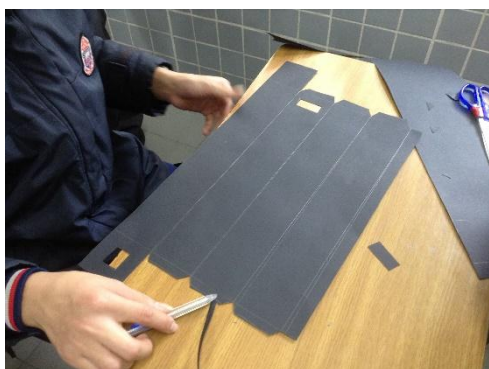
學生作業(二)



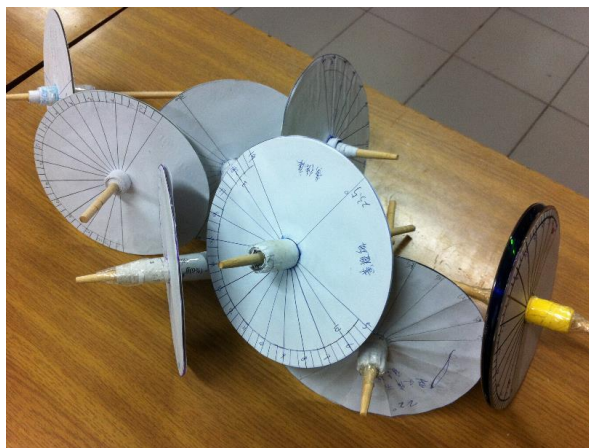
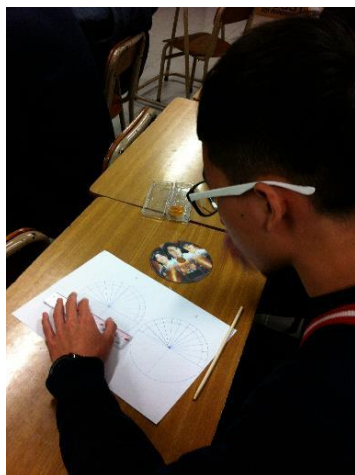
2013年01月14日 校內觀日實習



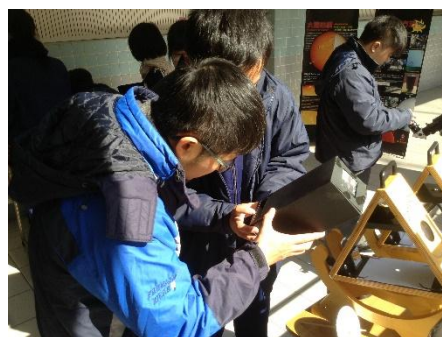
2013年01月14日學生手機拍攝作品



2014年01月24日 針孔太陽投影儀工作坊



2014年2月21日 太陽日晷製作工作坊



2014年2月24日 太陽導賞攤位

| 第五章、月球的觀察 | | (三課時) |
|-------------------------------------|-------------------------|--|
| 教 | 單元目標 | 具體目標 |
| 學 目 標 | 一、認知目標： 1. 了解月球的基本資料 | 1-1 能簡略說出關於月亮的中國神話故事 1-2 能說明月球基本的物理屬性 1-3 能說明何謂「新月抱舊月」的現象 1-4 能說明月球和中國農曆的關係 1-5 能解釋月球沒有大氣層的原因 1-6 能解釋月球沒有大氣層所造成的結果 |
| | 2. 了解月球月面的地形 | 2-1 能說出月球基本地質成份 2-2 能說出早期月球的地質運動形式 2-3 能列舉月球主要表面地形類型 2-4 能比較月海和月陸的差異 2-5 能解釋月海形成的原因 2-6 能簡單比較雨海、酒海和皺脊的形成分別 2-7 能解釋隕石坑三種的形成原因 2-8 能解釋輻射紋形成原因 2-9 能從輻射紋判斷隕石坑的年齡 2-10 能比較月溪和大峽谷的的差異 2-11 能簡單說明虹灣成為中國科研目標的原因 |
| | 3. 了解月球的起源 | 3-1 能解釋捕獲說 3-2 能解釋分裂說 3-3 能解釋同源說 3-4 能解釋大碰撞說 3-5 能舉例說出月球對地球的影響 3-6 能推斷月球消失後對地球的結果 |
| | 4. 了解月球的運動 | 4-1 能說明同步自轉的原理 4-2 能說明天秤動的原理 4-3 能解釋月相變化的原因 4-4 能列舉不同月相名稱和出現時間 |
| | 5. 了解「食」的天文現象 | 5-1 能說出日食的成因 5-2 能說出日食的分類 5-3 能比較日全食、日環食和日偏食的差別 5-4 能列舉說出日食不同階段的名稱 |

| | | |
|------|--|--|
| | <p>6. 了解探索月球的歷程</p> <p>二、技能目標：</p> <p>7. 培養觀察月球的能力</p> <p>三、情感目標：</p> <p>8. 培養學生對月球觀察的樂趣</p> | <p>5-5 能說出月食的成因</p> <p>5-6 能說出月食的分類</p> <p>5-7 能比較月全食、月偏食和半影月食的差別</p> <p>5-8 能列舉說出月全食不同階段的名稱</p> <p>6-1 能概括早期人類觀察月球的方法</p> <p>6-2 能簡述伽利略對月球觀察的貢獻</p> <p>6-3 能解釋太空競爭的背景</p> <p>6-4 能說出第一位登月太空人的名稱</p> <p>6-5 能說出嫦娥工程的三個階段</p> <p>6-6 能敘述嫦娥工程各階段的內容</p> <p>6-7 能說出「探月」階段的三個時期</p> <p>6-8 能說出「探月」各時期的任務工作</p> <p>6-9 能比較嫦娥一號、二號和三號的任務差異</p> <p>6-10 能評價中國航天的發展優勢</p> <p>7-1 能制定出適宜觀察月球的日期和時間</p> <p>7-2 能繪畫出現時月相和月面地形特徵</p> <p>8-1 願意主動參與觀月活動</p> <p>8-2 能主動搜索月球相關的天文現象</p> <p>8-3 能主動關心月球航天的相關新聞</p> |
| 教學重點 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 月球的環境與地球環境的差異和比較 2. 月球表面地形的基本認識和判讀 3. 月相變化與月出月落的時間判斷 4. 月食和日食的成因 | |
| 教學難點 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 能從月相判斷出農曆日期 2. 能從月相判斷月出和月落的時間 3. 能識別日食和月食的成因 | |

| | |
|---|--|
| 教 | <p>本章是以月球為主題，包括認識月球的基本知識、起源、月面地形、月球的公轉和自轉運動等等。</p> |
| 材 | <p>第一課時先引入月球基礎知識包括月球的物理特徵並與地球作差異的比較，突顯出月球獨特地方，從而引申月球環境惡劣和不宜人居的原因，讓學生了解地球資源的特別之處，進一步體認地球環境之可貴，進行情感教育。關於這部份的教學重點，將會使用設問和解答的形式引導學生思考、分析造成月球環境的原因，再引導學生分享地球獨特之處，一是使學習環境變得輕鬆有趣，能彼此交流，師生互動，二是能集思廣益，增加學生之間的腦力擊蕩，有更多不同的看法和答案，建立學生獨立自主且又互相尊重的學習環境。第二個教學重點是學習月球表面地形的基本認識和判讀月面，能從中了解地球和月球的地質、地形等相同相異之處，綜合之前所學知識歸納形成原因。課程主要使用 IPAD 模擬月球輔助教學，視像和動畫可增加師生活動，調節課堂速度，加深學生對知識的理解。</p> |
| 研 | <p>第二課時是全章節最困難的一部分，講解月相的變化，從月相判斷出農曆日期、月出和月落的時間，技能層面較高。學生為了更易明白這個知識並應用實際情境，因為課程中利用 Stellarium 設計很多模擬情境，使學生能從情境中一步一步地解答問題，並且在教材中繪畫不同月相，利用這種學生活動和動手筆錄和繪畫形式加深理解，學生一邊做老師一邊引導，因此所花的教學時間會較其他內容長，最後設計一個學生活動，學生必須分析出一個觀測月亮的適當時機，把所學知識能應用在野外觀月活動，用此評價學生學習情況和吸收與否。</p> |
| 究 | <p>第三課時主要講解月球相關的天文現象「食」和最近報導非常流行的中國航天發展。關於日食和月食的成因學生並不難理解，困難點是如何理解白道和黃道的夾角對「食」的影響，針對此內容教材中利用 Stellarium 設計了大量的情境模擬，並且利用不同情境比較引導學生明白「食」的成因，同時也利用電腦模擬日食、月食的分類和各階段的名稱，設計相關內容的學生活動，提升判斷天文現象的能力。最後一部份內容是月球航天探索歷程的認識。先由十六世紀伽利略觀察時代講起，引申到二十世紀美蘇的太空競賽，內容包括阿波羅計劃目的、過程和影響，最後介紹中國航天時代，認識國家探月工程計劃的發展階段，培養學生對我國航天知識的了解，主動關心中國探月的發展，為國家偉大航天工程而感到驕傲。為了增加月球航天探索內容的趣味性，避免陷入枯燥的歷史內容，課程中增加部份有趣短片和照片分享，避免內容過於沈悶，活躍教學氣氛，給學生影像的享受。</p> <p>學生在課堂中能掌握到基本的知識和技能後，將會進行兩次互外觀月的活動，完成自編教材中「月面的觀察實習」內容，作為總結本章節綜合評量的手段。</p> |

| | |
|------------------|--|
| 教 學 架 構 | <pre> graph TD Root[認識月球] --> B1[基本資料] Root --> B2[地形地質] Root --> B3[起源] Root --> B4[運動特徵] Root --> B5[「食」現象] Root --> B6[月球探索] B1 --> B1_1[中國神話故事] B1 --> B1_2[物理特徵] B1 --> B1_3[月面環境] B2 --> B2_1[地質活動] B2 --> B2_2[地形分類] B2_2 --> B2_2_1[月海] B2_2 --> B2_2_2[月溪] B2_2 --> B2_2_3[月陸] B2_2 --> B2_2_4[隕石坑] B3 --> B3_1[同源說] B3 --> B3_2[分裂說] B3 --> B3_3[捕獲說] B3 --> B3_4[大碰撞說] B4 --> B4_1[自轉特徵] B4_1 --> B4_1_1[同步自轉] B4_1 --> B4_1_2[天秤動] B4 --> B4_2[公轉特徵] B4_2 --> B4_2_1[月相的變化] B4_2 --> B4_2_2[月出月落的判斷] B5 --> B5_1[日食] B5_1 --> B5_1_1[成因] B5_1 --> B5_1_2[分類] B5_1 --> B5_1_3[階段] B5 --> B5_2[月食] B5_2 --> B5_2_1[成因] B5_2 --> B5_2_2[分類] B5_2 --> B5_2_3[階段] B6 --> B6_1[伽利略的貢獻] B6 --> B6_2[阿波羅計劃] B6 --> B6_3[嫦娥工程] </pre> |
| 教學方法 | 講授、觀測、討論、設問、引導教學、學習單、師生互動、交互式多媒體應用、教具演示、學生活動 |
| 教學資源 | 自編教材和學習單、課外文章、教學媒體包括電腦投影片、電腦軟件、短片、IPAD 和教具 |

| 教學評量 | <ol style="list-style-type: none"> 認知評量： <ol style="list-style-type: none"> 能回答問題 能完成／填寫學生手冊章節內容 技能評量： <ol style="list-style-type: none"> 能設計適合觀月的活動時間 情感評量： <p>觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等……</p> 綜合評量： <p>舉辦一次校內觀月活動，讓學生有機會把所學的知識運用到真實情況，能夠學以至用，提升學生興趣和好奇心。過程中學生要懂得安裝、調整、使用望遠鏡進行月亮觀測，判斷月面地形和解釋形成原因等問題，老師在旁觀測學生的參與程度、合作態度。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|----|---------------------|---|------|---|---|---|---------------|---|---|----|---------------------|---|---|---|--------|---|---|----|-------------|
| 課前準備 | <ol style="list-style-type: none"> 資訊設備：電腦、投影機、IPAD 應用程式準備：Moon Globe；Solar walker；Stellarium；月球探索；Moon；Solar Walk 投影片準備：天秤動成因照片、日全食照片、日全食過程圖、日食成因圖、月球2號照片、月球一號照片、月球上太空人腳印照片、月球上的美國國旗照片、月球放大照、月球圖案、玄武岩照片、同步自轉圖、灰光照片、老師拍攝的滿月照片、西貢地質公園照片、伽利略所畫的月球照片、阿波羅太空人照、虹灣局部影像圖4張、學生活動老師拍攝月面照數張、高清月面照數張、輻射紋照片、阿波羅8號地月照。 短片準備：《'Apollo 11 Remastered' - An Orbiter Film》、《中國航太-嫦娥三號研製順利 2013年落月探測》 教具準備：澳洲天文曆、橙 教材和學習單準備：自編教材《天文觀測學生手冊－高中版》 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 課時分配 | <ol style="list-style-type: none"> 課堂活動共三課時，每課時 40 分鐘。 一次校內觀月實習，次每約 40 分鐘。 重點內容如下： <table border="1" data-bbox="151 1444 1444 1691"> <thead> <tr> <th>節次</th> <th>月</th> <th>日</th> <th>教學重點</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3</td> <td>7</td> <td>認識月球基本知識、月面地形</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> <td>14</td> <td>月球的起源、月球的自轉和公轉、月相變化</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4</td> <td>7</td> <td>校內觀月實習</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td>11</td> <td>日食、月食、月球的探索</td> </tr> </tbody> </table> | 節次 | 月 | 日 | 教學重點 | 1 | 3 | 7 | 認識月球基本知識、月面地形 | 2 | 3 | 14 | 月球的起源、月球的自轉和公轉、月相變化 | 3 | 4 | 7 | 校內觀月實習 | 4 | 4 | 11 | 日食、月食、月球的探索 |
| 節次 | 月 | 日 | 教學重點 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 3 | 7 | 認識月球基本知識、月面地形 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 3 | 14 | 月球的起源、月球的自轉和公轉、月相變化 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 4 | 7 | 校內觀月實習 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 4 | 11 | 日食、月食、月球的探索 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

一、月球的觀察教學計劃說明

二、教學時間分配


| 第一課時 (40min) | | | | | |
|-------------------------------|---------------|---------|----------------------------|------|--|
| 教學重點：認識月球基本知識、月面地形 | | | | | |
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
| 第四章、 月球的觀測 第一節、認識 月球 | 一、月球的基本 資料 | 課題引入 | | 2min | 認知評量：能回答 問題；完成學生手 冊章節內容；完成 課後作業 技術評量：能在圖 片／望遠鏡中判斷 出某個月面地形名 稱／類型 情感評量：觀測學 生的表現行為、投 入程度、好奇心、 合作態度、創新 等…… |
| | | 月亮故事介紹 | 圖片 | 3min | |
| | | 月球的基本介紹 | 圖片、IPAD(月球探索) | 6min | |
| | | 月球表面介紹 | 圖片 | 2min | |
| | | 設問與解答 | | 1min | |
| | 二、月面地形 | 月球的地形介紹 | | 3min | |
| | | 月海介紹 | IPAD (Moon Globe) | 4min | |
| | | 隕石坑介紹 | | 3min | |
| | | 設問和解答 | IPAD (Moon Globe) 、橙 | 3min | |
| | | 閱讀資料 | 自編教材 | 3min | |
| | | 月溪介紹 | IPAD (Moon Globe) | 4min | |
| | | 虹灣介紹 | | 1min | |
| | 學生活動 | 圖片 | 4min | | |
| 總結和學生發問 | | | 1min | | |

第三課時 (40min)

| 第二課時 (40min) | | | | | |
|-------------------------------|---------|---------|---------------------------|-------|--|
| 教學重點：月球的起源、月球的自轉和公轉、月相變化 | | | | | |
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
| 第四章、 月球的觀測 第一節、認識 月球 | 三、月球的起源 | 課題引入 | | 1min | 認知評量：能回答問題；完成學生手冊章節內容；完成課後作業 技術評量：能設計出一個適合觀測月亮的時間 情感評量：觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等…… |
| | | 月球起源介紹 | 圖片 | 4min | |
| | | 設問和解答 | | 3min | |
| 第四章、 月球的觀測 第二節、月球的運動 | 一、月球自轉 | 月球自轉的介紹 | 滿月照片，自編教材 | 1min | |
| | | 天秤動的介紹 | 圖片、IPAD (Moon Globe) | 3min | |
| | 二、月球公轉 | 月球公轉的介紹 | 自編教材、澳洲天文曆、IPAD (月球探索) | 1min | |
| | | 月相變化的介紹 | | 10min | |
| | | 學生活動 | IPAD (Moon Globe) | 1min | |
| | | 月出月落的介紹 | 自編教材 電腦軟件 (Stellarium) | 8min | |
| | | 學生活動 | IPAD (Moon) | 4min | |
| | | 動畫觀賞 | IPAD (Solar Walk) | 3min | |
| 總結和學生發問 | | | 1min | | |

| 教學重點：日食、月食、月球的探索 | | | | |
|-----------------------|------------|---|----------------------|--|
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 |
| 第四章、月球的觀測 第三節、日食 | 課題引入 | | 1min | 認知評量：能回答問題；完成學生手冊章節內容；完成課後作業 情感評量：觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等…… |
| | 日食的成因介紹 | 圖片、Stellarium、自編教材 | 2min | |
| | 日食分類的介紹 | | 6min | |
| | 日食的階段介紹 | | 1min | |
| | 學生活動 | | 3min | |
| | 動畫觀賞 | | IPAD (Solar Walk) | |
| 第四章、月球的觀測 第四節、月食 | 月食的成因介紹 | 電腦軟件 Stellarium | 2min | |
| | 設問和解答 | | 1min | |
| | 月食的分類和階段介紹 | 自編教材 | 2min | |
| | 學生活動 | 圖片 | 1min | |
| 第四章、月球的觀測 補充、月球的探索 | 月球的觀察 | 圖片 | 2min | |
| | 阿波羅計劃 | | 2min | |
| | 照片欣賞 | | 1min | |
| | 短片欣賞 | Youtube 短片 《'Apollo 11 Remastered' - An Orbiter Film》 | 7min | |
| | 中國探月介紹 | 圖片 | 2 min | |
| | 照片欣賞 | | 1min | |
| | 短片欣賞 | Youtube 短片 《中國航太-嫦娥三號研製 順利 2013 年落月探測》 | 2min | |
| | 總結和學生發問 | | 1min | |

三、教學活動

| 第一節、認識月球（第一課時） | | | |
|----------------|--|---------------------|-------------------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| | <p>貳、課前準備</p> <p>老師：</p> <p>1. 研究教案內容，訂立課程目標。2. 設計教學活動，準備課外資料。3. 準備投影片、軟件和教具。</p> <p>學生：</p> <p>1. 學生已習得第三章的內容。2. 預習第四章第一節的內容。</p> <p>貳、上課內容</p> <p>➢ 【課題引入】：我們已經學會了太陽系主要行星的性質、特徵和分類，不過同學們是否知道離地球最近的天體是甚麼？（同學回答：月亮）月球是<i>離地球最近的天體</i>，她是圍繞地球運轉的，是地球唯一的天然衛星。同學也許經常看見月亮，對月球應該並不陌生，但放大後的月亮同學是否曾經看過？同學們嘗試想一想月面上陰影的地方像甚麼動物？月亮的表面有的較灰暗，有的較明亮，以前的人很會想像，有人認為它像嫦娥，有人認為它像螃蟹，也有人認為它像兔子。讓我們一起發揮想像力吧！（利用投影片展示放大後月亮的照片，讓同學自由想像圖案），而我覺得最像螃蟹，那是因為我的星座是巨蟹座！當然支持一下吧！同學們知道每天的月亮形狀都一樣嗎？在相同地點、不同時間，月亮的位置有什麼改變呢？讓我們一起觀測月亮，揭開月亮變化的奧妙吧！</p> | | |
| |  <p style="text-align: center;">投影月面形像照片</p> <p>一、月球的基本資料</p> <p>➢ 【設問】：你知道哪些關於月亮的傳說故事嗎？（同學自由表達）</p> <p>➢ 【月亮故事介紹】：在中國古代詩詞歌賦文集中，經常會形容月亮的美，例如李商隱的『嫦娥詩』：《雲母屏風燭影深，長河漸落曉星沉。嫦娥應悔偷靈藥，碧海青天夜夜心。》，同學還有沒有你認識的詩詞中出現月亮的？（學生自由表達）。同學最常聽見的故事應該是嫦娥奔月吧！相傳在遠古時代，有</p> | <p>圖片</p> <p>圖片</p> | <p>2</p> <p>3</p> |
| 1-1 | | | |

十個太陽一齊出現在天空，曬得土地乾裂，海水枯竭，民不聊生。這時有個叫后羿的英雄，他力大無窮，能拉開萬斤重的寶弓，射殺各種猛獸。他同情受日曬之苦的眾多百姓，就舉起他的寶弓，一口氣射下了九個太陽。並命令第十個太陽按時起落，造福人民。但他自以為是，一點也不體貼人民，所以老百姓都敢怒而不敢言。有一天，后羿派了一位道士去向王母娘娘求一種可以長生不老的仙藥。人們聽說這個消息，個個愁容滿面，害怕后羿的殘暴永無休止。幸好后羿的妻子嫦娥十分同情人民的處境，就把仙藥偷偷的吃了。吃下仙藥後，突然身輕如燕，就飄飄然地向月宮飛去，這就是嫦娥奔月的故事。

另外有一個故事大家可以有聽聞，叫吳剛伐桂，傳說月亮上有一棵桂樹，這株桂樹不僅高大，而且有一種神奇的自癒功能。有一位西河人姓吳名剛，本為樵夫，醉心於仙道，但始終不肯專心學習，因此天帝震怒，把他居留在月宮，令他在月宮伐桂樹，並說：「如果你砍倒桂樹，就可獲仙術。」但吳剛每砍一斧，斧起而樹創傷就馬上癒合，日復一日，吳剛伐桂的願望仍未達成，因此吳剛在月宮常年伐桂，始終砍不倒這棵樹，而他也不斷的砍下去。這是吳剛伐桂的故事。

最後一個故事是玉兔搗藥，相傳有三位神仙變成三個可憐的老人，向狐狸、猴子、兔子求食，狐狸與猴子都有食物可以救助，唯有兔子束手無策。後來兔子說：「你們吃我的肉吧！」就躍入烈火中，將自己燒熟，神仙大受感動，把兔子送到月宮內，成了玉兔。是否覺得月面陰影部份很像兔子？很有趣吧！

➤ **【設問】**：月球和月亮兩者叫法是否一樣？兩者有何不同？

➤ **【月亮的基本介紹】**：月球是一顆不發光的星球。當太陽照到月球

1-3 再從月球反射到地球，我們就看到月球發亮的部份，這發亮的部份就是月亮。月球是地球的唯一衛星，月球繞著地球公轉，本身並不發光，我們可以看到它是因為反射太陽光。雖然我們平常看不見月球陰影部分，但如利用相機長期曝光會看見月球陰影部份稱為「灰光」。



投影月球灰光照片

灰光是一種俗稱為「新月抱舊月」的現象，亦稱「地球照」。灰光是地球反射太陽的光到月球上，使本身看不到的地方也能看到，一般發生在娥眉月

圖片

6

1-2

時。在峨眉月或者殘月的時候用肉眼仔細看就能看出，如果視力不是很好的話戴眼睛也能隱約感覺到灰光。用雙筒鏡或望遠鏡來看更明顯。

月球是環繞地球運行的天然衛星，它是太陽系中第五大衛星，它的直徑大小比地球的四分一還要大，是一個很大的衛星喔！當人類登陸月球時，全身裝備加體重在地球上測量為84公斤，在月球上測量出來的結果是只有14公斤！原因是月球的重力是地球的六分之一，地球的肚子內，大約可裝入五十個月球喔！因為月球的體積是地球1/49。

由於月球環繞地球運行是一個以一個軸心為主的橢圓形的軌道，因此，月球距離地球最遠比最近時多5萬公里。月球離地球近地點距離約為 35萬千米；距離地球最遠的遠地點距離約為40萬千米。同樣是滿月，月球距離地球最近比最遠時，月亮的視直徑大14%，視面積大30%。因此月球和太陽的相對平均距離約38萬公里，大約是30個地球的距離，光速傳遞約需1.3秒，太空船需花四天的時間到月球。（利用ppt展示光速傳遞月亮光的動畫）同學們可以非常好奇，人類如何知道地月距離？其實早在古希臘時代，已經有人利用三角幾何方法再用三角函數的計算方法，求得地月距離，詳細就不多說了，運用這種方法求得的結果，基本接近地月的實際距離。20世紀中葉，雷達測距技術的應用，改變了地月距離的測定方法。人們在地面觀測站通過巨大的雷達天線向月球發射無線電訊號，無線電波到達月球表面，再反射回地面觀測站。就可以計算出地月距離這種測距的方法雖然比較簡便，所求得的地月距離也更加精確，但仍然有些微誤差。雷射技術的出現，為測定地月距離提供了更加先進的手段。1969年阿波羅11號登上月球，太空人在月球表面安裝了供鐳射測距用的光學後向反射器。從此，人們開始用鐳射測距的方法來測地月距離。利用IPAD月球探索展示下列動畫：

- 甲、展示地球和月球直徑比較的動畫。
- 乙、展示地球和月球體積比較的動畫。
- 丙、展示地球和月球質量比較的動畫。
- 丁、展示地球和月球距離比較的動畫。
- 戊、展示放置在月球上的後向反射器裝置。。

IPAD



利用IPAD月球探索展示地月各種物理屬性比較的動畫

大家是否知道月球與中國的農曆是有關係？陰曆與陽曆是中國兩大曆

1-4

法，是參考根據月球與太陽的運轉所制訂的。陰曆被農民普遍使用，所以又叫農曆。農曆根據月球的運轉所制訂，由于月亮公轉的週期界於 29 到 30 天之間，事實上是 29.53 日。又叫朔望月，即兩次滿月的周期。陰曆的一個月也就由新月出現時刻的早晚或是 29 天或是 30 天。大月為 30 天，小月為 29 天。大小月沒有固定在哪一個月份中，端賴月球繞地球的速率而定。十二個月的農曆平均加起來是 354 天，和一年 365 天約差了 11 天，三年累積近一個月的差距。因此陰曆每三年設閏年一次，該年有十三個月，彌補兩個曆法的差距，大約每十九年要加入七個閏月。

➤ **【重點整理】**：打開第四章第一節的內容，在教材中列出地球和月球的物理屬性的比較：

| 屬性 | 月球 | 地球 | 地球的倍數 |
|------|---------------------------|--------------------------|-------|
| 直徑 | 3476 公里 | 12756 公里 | 1/4 |
| 質量 | 7.35×10^{22} kg | 5.98×10^{24} kg | 1/81 |
| 體積 | 2.2×10^{10} 立方千米 | 11000 億立方千米 | 1/49 |
| 表面引力 | 1.63 m/s^2 | 9.8 m/s^2 | 1/6 |
| 自轉 | 27.32 個地球日 | 23.93 小時 | |
| 公轉 | 29.53 天 | 365.24 天 | |

➤ **【設問】**：同學們想一想月球有沒有大氣層？（學生思考回答）

➤ **【月球表面介紹】**：月球的科學探測結果明確告訴我們，月球上的大氣極為稀薄，約為地球上的一萬億分之一，這等於說，月球表面實際上沒有空氣。事實上，並非單是月球沒有大氣層。科學家還告訴我們，在太陽系 60 多個衛星中，除了土星的土衛六和海衛一有大氣層外，其他衛星也沒有大氣。月球沒有大氣，無法阻隔外來物質，因此表面布滿隕石坑。為何土衛六和海衛一有大氣層，為何月球沒有？（同學思考回答）

1-5

月球沒有大氣層的成因共有兩個，首先是月球的品質太小，天體的品質和大小決定了其表面重力。星體的引力吸引氣體分子，阻止氣體分子的逃逸，因為月球的質量小，其引力也小，因此月球上沒有大氣層。其次是溫度，我們知道，溫度越高，分子運動越快，溫度越低，分子運動越慢。因此溫度較高的星體的大氣層中有著更多氣體分子逃逸進入外太空。月球就是由於離太陽近，溫度高，其組成大氣的分子運動太快而未被月球拉住。

➤ **【設問】**：如果月球沒有大氣層，那裡月球會有什麼自然現象？

➤ **【解答】**：沒有風、雨等自然現象，聲音也不能傳播。月球由於沒有大氣層來幫它「保溫」，所以表面溫度大起大跌。白天，在陽光垂直照射的地方，溫度高達 110-140 度；夜晚沒有光照，溫度則低至零下 130-180 度。晝夜交替之中，這裡是烈火與寒冰般的煉獄。巨大的溫差與直接照射的太陽輻射和宇宙射線，使這個天體的表面無法像地球一樣產生生命。

二、月面地形

自編教材

2

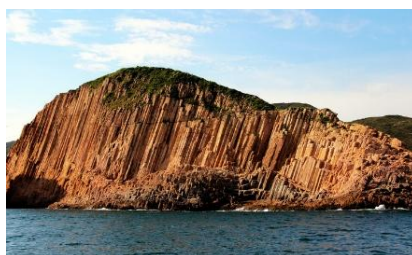
1

1-6 > **【月球地形介紹】**：「兒時不識月，呼做白玉盤」，以前的人看到皎潔的月亮，認為月亮表面一定十分光滑，好像白玉盤似的。直到望遠鏡的發明後，才發現沒有大氣層保護下的月球，表面佈滿了隕石坑。月球因為沒有像地球大氣那樣的保護層，月面直接受到流星體的猛烈衝擊，因此在一定程度上會影響到月岩的成分、岩屑大小等。月球上面顏色較深，地勢比較平坦的地方，古時候的人稱它為月海，中國也有關於，日本有名的搖滾演唱團體 Luna Sea（月之海）更是以它為命名。只是月球上其實沒有海水。月球表面是矽酸岩類岩石組成，陰影其實是表面的坑洞被顏色較深的玄武岩岩漿所填滿，而表面明亮的部分則是由長石所組成喔！這些大家在高一地理的課程中有學過吧！玄武岩漿噴發後的熔岩凝固形成的火成岩，是海洋地殼中最豐富的岩石，顏色為黑暗灰褐色。玄武岩常成岩流、岩堵或侵入岩層產出（展示玄武岩岩石，讓學生觸摸、觀察）。台灣和香港之玄武岩種類甚多，常可見到六角柱狀玄武岩。從而了解月球早期廣泛發生火山爆發，噴出大量熔岩，從而形成月面上廣闊的熔岩平原。

2-1

圖片

2-2



投影展示玄武岩岩石樣本，還學生觸摸、觀察

月球表面地形主要分成七種：月海、環形山、月陸、山脈、月谷、月溪和直壁。首先由滿月說起。我們很容易看到月球有兩部份，包括深色的「月海」和淺色的「月陸」。首先，我們嘗試認識下圖所示的四個月海。你會發覺這些月海都是接近圓形的，試指出哪一個是最大型的月海？哪一個有最完整的邊？哪一個最深色？哪一個較淺色，但有一個深色的邊緣？（學生自由回答）

2-3

2-4

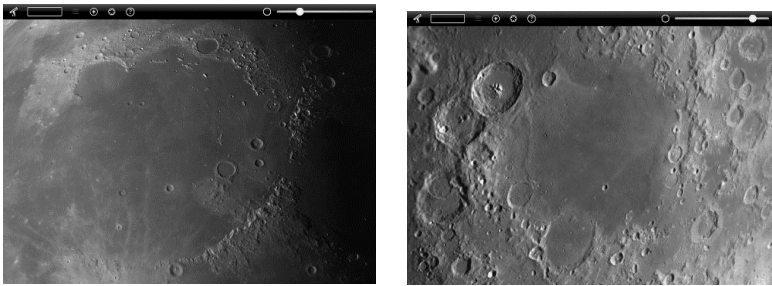


投影展示老師所拍攝的滿月照片

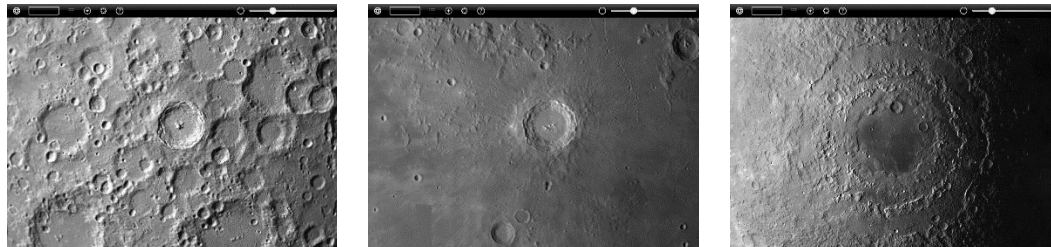
> **【月海的介紹】**：相信答案不難找到，最大型的是位於西北部的風暴洋，是月面上的廣闊平原；東北部的危難海擁有最完整的邊；最深色的是寧靜海；淺色的晴海擁有深色的邊緣。（老師利用紅外線筆指出位置）當然月海還有豐

圖片

3

| | | | |
|-----|---|------|---|
| | <p>富海、澄海、靜海、雲海等等。那麼月海如何形成？首先月海的前身是巨型隕石隕擊形成盆地，盆地形成後，一些月球內部的物質產生大量熱能，使月球表面的岩石熔化，並沿盆地底部的裂紋向上湧流出表面，漸漸填滿了整個隕石坑，形成月海。由於月球內部向上湧出的熔岩是玄武岩，鐵和鎂的成份較多，於是較深色，使月海的顏色較深，月球表面可是充滿了熔岩活動的証據。</p> | IPAD | |
| 2-5 | <p>例如雨海是38億年前的一個隕石撞擊產生，形成了的盆地底部有大量數十公里深的裂紋，物質產生大量熱能，使表面的岩石重新熔化，並沿盆地底部的裂紋向上升和湧出表面，漸漸填滿了整個隕石坑，形成現在雨海的模樣。熔岩上湧時，隕擊盆地的多環結構被淹沒，因此我們很難再能從月海中找到多環結構的証據。不過，不同的月海，熔岩上湧的程度不同。例如酒海的熔岩上湧較少，因此我們仍可以找到不少多環結構的証據。熔岩上湧時，熔岩的巨大重量會令月海向下沉降，這時會形成特別的地貌。例如，當月海底部下沉時，上面的岩層便下塌進一個較小的空間（如同把一隻圓碟壓入碗內一樣），所以有些地方便會突起，令月海表面出現一些波紋般的地形，稱為「皺脊」。最典型的例子是雨海西部（雨海、酒海和皺脊分別利用IPAD Moon Globe展示）</p> | | 4 |
| 2-6 |  <p>利用IPAD Moon Globe展示雨海(左)和酒海(右)的地形比較</p> | | |
| 2-7 | <p>➤ 【隕石坑的介紹】：因為月球沒有大氣層之故，所以會出現較多隕石坑／又稱環形山，撞擊月球的隕石體積，決定了隕石坑的形狀。如果是較小型的隕石撞擊後，會在月面形成一個凹陷碗狀的坑，而彈出的物質則灑在周圍，沿坑邊堆積，形成隆起的坑壁，我們這些稱隆起的坑邊為「環形山」，如果是較大型的撞擊坑（直徑大過15km左右）。例如由於隕石撞擊後彈出的東西較多，環形山有大量物質，使岩石向下陷，形成梯級狀的坑壁。坑壁的重量也令隕石坑的中心部份受到很大的向心壓力，使中心向上突起，形成中央山峰，也令深度變淺。這些過程便形成我們一般稱為「複雜坑」的結構，它們深度淺，底部非常平坦，有中央山峰，呈碟形，坑壁呈梯級狀，典型的例子是哥白尼和第谷。最猛烈的撞擊所形成的大型隕石坑（直徑大過200-300km左右）。它們的深度極淺，面積非常巨大，沒有中央山峰。最特別的是撞擊會在周圍隆起數個呈環形的山脈系統，圍繞撞擊中心。由於這種地形一點兒也不似隕石坑，科學家稱它們為隕擊盆地，之前所講月球西北部的雨海其實從前是一個大型隕擊盆地，但是後來有熔岩大規模由盆地底部向上湧出，淹沒了多環</p> | IPAD | 3 |

結構，現在只餘下一個明顯的主環。要觀察最典型的隕擊盆地結構便要到月球的背面，那裡有一個龐大的貝利環形山，是月球是最年輕的隕擊盆地。由於只有很少部份被後來湧上的熔岩淹沒，所以能清楚展示它的多環結構。(哥白尼環形山、第谷環形山和貝利環形山分別利用IPAD Moon Globe展示)



利用IPAD Moon Globe展示第谷環形山(左)、哥白尼環形山(中)和貝利環形山(右)的地形比較

➤ **【設問】**：在滿月的表面可以發現每個隕石坑都有幾條很明顯向輻射的條紋，同學們覺得是否很像某一種水果？（學生自由回答：橙，向同學展示出橙，還他們觸摸、觀察橙的表面與月球表面的相同之處）

➤ **【解答】**：這些條紋稱為輻射紋由隕石撞擊時彈出的次隕石產生，因此在次生坑周圍形成。舉例說第谷坑（利用IPAD展示第谷坑的輻射紋），為什麼輻射紋很光亮？因為形成輻射紋的岩石來自淺色、密度較低的高地岩石，也可能是撞擊產生的巨大能量把大量深層的淺色高地岩層彈起出來，而隕石坑很年輕，沒有足夠時間讓其他過程把顏色轉深。輻射紋將會漸漸消失，可能被熔岩淹沒，也可能被後來的小隕石撞擊變成更小的粉末和混合了其他小隕石的物質，經歷數以億年計的類似過程後，便會漸漸變得深色。所以，輻射紋的明顯程度可顯示隕石坑的年齡。有明顯輻射紋的隕石坑(如哥白尼和第谷)，年齡較輕。再問同學們一個問題，如何能決定隕石坑的年齡？（學生回答：運用輻射紋的光度，越光越年輕。運用隕石坑上面的小坑數量，數量越少，則越年輕。

2-8

橙、
IPAD



2-8

展示教具(橙)與IPAD第谷坑作比較，還學生了解輻射紋的形成

➤ **【閱讀資料】**：月球表面隕石坑的命名，有大家耳熟能詳的天文學家、有希臘羅馬時期的哲學家，都是讓人敬仰的大師。例如柏拉圖、哥白尼、第谷、克卜勒，現在請同學閱讀《天文觀測手冊高中版》第四章第二節月面地形百科全書部份資料。

3

➤ **【設問】**：月面環形山多以西方科學家命名，如哥白尼環形山、開普勒環形山等，月球背面其中有5座中等大小的環形山以中國古代科學家命名哦！如石申、張衡、祖沖之、郭守敬等名字命名。同學們有沒有聽過他們的大名？是否了解他們對中國科學有何貢獻嗎？（同學自由回答）

➤ **【解答】**：

1. 石申的《天文》被尊為《石氏星經》，對古天文學史相當有研究價值哦！
2. 張衡製作渾天儀（即現代的天球），和第一次正確解釋了月食成因。
3. 祖沖之首次把歲差引進曆法。
4. 郭守敬編寫《授時曆》，是當時世界上最先進的一種曆法。

➤ **【月溪的介紹】**：月球表面有一些狹長的凹陷低地，如同乾涸的河床，統稱為月溪。例如蛇谷，首先詢問同學蛇谷與美國大峽谷有何相似地方？（利用IPAD MoonGlobe展示蛇谷，再利用IPAD Google Earth展示美國大峽谷作比較）



其實蛇谷與大峽谷外形雖然相像，但形成原因完成不同！美國大峽谷是形成於流水侵蝕作用，月球沒有水如何形成與大峽谷類似的外貌呢？是因為蛇谷是形成於熔岩侵蝕作用！熔岩上湧後在月球表面流動，由於熔岩最上層很快冷卻，形成一個固體外殼，而內部則在外殼下繼續有熔岩流動，並在流動時沖刷出一條迂迴曲折的地底熔岩管道。當熔岩不再上湧時，熔岩管道則變成一條空的隧道，之後頂部的外殼可能塌下，曝露了這條迂迴曲折的熔岩管道。由於這地形也是長而凹陷，因此稱為月溪。

但有些月溪形成與熔岩完全無關卻與地殼有關，地殼的兩側朝相反方向運動，使中間地塊陷落，因而在地面出現一條狹長的低地。這類月溪的形狀通常較直。可是，月球沒有地球般的板塊運動，所以目前仍未知道是什麼原因會令月球的地殼如此移動。細心看月球其實會發展為數不少的直月溪。

有些卻與月海沉降有關，當月海沉降時，有時會在盆地邊緣產生一些裂縫。這類月溪的形狀通常呈弧形，圍繞月海中心，稱為弧形月溪。

自編教材

3

2-9

IPAD

4



(利用IPAD Moon Globe 展示直月溪(左)和弧形月溪(右))

➤ **【虹灣的介紹】**：同學們有沒有聽過月面地形虹灣？它是中國嫦娥計劃的首要目的地！虹灣就是月球的月海之一，是月球其中一個最美麗的地標！



利用IPAD Moon Globe 展示虹灣區的位置

選擇虹灣作為科研地方首先要保證安全降落，虹灣是一大片平地，降落比較容易，其次該地區地質構造複雜，有典型性，具有很高的科學探測價值，最重要的是別的国家沒去過！兩海盆地形成後，一個隕石撞擊虹灣這個地區，形成一個巨型隕石坑，它其實是一個巨型隕石坑壁，後來熔岩在兩海湧出，淹沒了虹灣隕石坑的大部份區域，卻餘下一個壯麗的彎形坑壁。關於嫦娥計劃的內容將會日後作詳細講解。

關於月面的地形就不多說，餘下的地形將可以在你們課本中《天文觀測手冊高中版》第四章第二節有簡單的介紹。

➤ **【學生活動】**：展示六張高清的月面地形照片和四張老師拍攝的月面照片，完成下列任務。

1. 詢問學生能否在圖中找出下列地形名稱：環形山、直月溪、弧形月溪、彎曲月溪、趨褶、月陸、月海、山脈、輻射紋。
2. 嘗試解釋這些地形形成的過程。

➤ **【總結】**：月球因為本身的物理性質關係，惡劣的環境和缺乏大氣層的保護造就了今天多姿多采的月面地形，我們不單只認識月球的故事，但了解到這些故事背後有更大的地質和地形故事！從月球的地形我們更了解到地球的特別之處，大氣層保護我們地球，守護我們的家園，使我們不像月球這樣滿坑滿谷，愛護大氣層是我們地球村應盡的責任！

IPAD

1

2-10

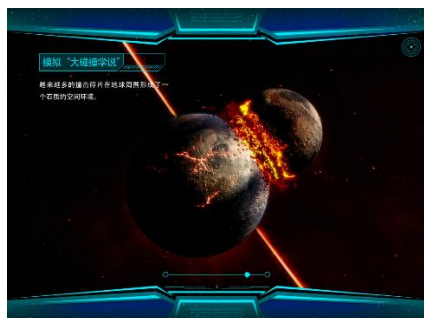
4

2-11

IPAD
圖片

1

| 第一節、認識月球；第二節、月球的運動（第二課時） | | | |
|--------------------------|--|------|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究教案內容，訂立課程目標。 2. 設計教學活動，準備課外資料。 3. 準備投影片、軟件和教具。 <p>學生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 學生已習得第四章第一節的內容。 2. 預習第四章第二節的內容。 <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：上一堂講解了月球的基本資料，還記得月球地形嗎？四十億年前月球表面非常多火山熔岩活動，極多隕石撞擊月球表面，可見月球形成初期非常狂怒，那麼月球是如何誕生？同學分享一下你的見解？（提示：月球和地球同樣是岩石星球）</p> <p>➤ 【月球起源介紹】：太陽系裡，除了水星和金星沒有衛星之外，其他行星都有許多顆衛星繞著自己公轉。而地球則是只有一個衛星，也就是我們的月球。對於月球的來源，科學家們眾說紛紜，總共有四個。</p> <p>3-1 第一是分裂說，堅持月球是地球的親生女兒，即月球是從地球中分裂出來的。</p> <p>3-2 有些人什麼說地球上的太平洋就是分裂出月球後留下的「疤痕」。</p> <p>3-3 第二個是同源說堅信月球與地球是姐妹或兄弟關係，月球與地球在太陽星雲凝聚過程中同時出生，或者說在星雲的同一區域同時形成了地球和月球。第三個是捕獲說月球是地球搶過來的女兒，即地球與月球由不屬於同一星雲團的物質形成，由於某些變化的關係，在地球半徑範圍內，外來的月球在飛過地球附近時被地球的強大引力所捕獲，最終成為一顆環繞地球運行的衛星。這三個猜測，同學你們認為那一個可能性較大？（學生自由表達意見）</p> <p>3-4 分裂說、同源說、捕獲說這些關於月球起源的假說只能解釋部分觀測事實，不能令人滿意。後來有科學家在 20 世紀 80 年代中期提出的大碰撞，它能解釋更多的觀測事實，是當前較合理的月球起源假說。「大碰撞說」這一假說認為，地球早期受到一個火星大小的天體撞擊，撞擊碎片最終形成了月球。（利用 IPAD 展示大碰撞說）</p> | | 1 |
| | | IPAD | 4 |



利用 IPAD 月球探索 展示大碰撞說的動畫

45 億年前，在太陽系形成早期，空間有大量星雲，星雲經過碰撞、吸積而逐漸增大。在地月系統的空間範圍內，形成了一個與現在地球質量的差不多的星體我們稱為「原地球」和另一個差不多與火星大小相約的天體我們稱為「原月球」。這兩個天體在各自的演化過程中都形成了以矽酸鹽組成的地殼和內部物質。由於這兩個天體相距不遠，因此有機會發生碰撞。劇烈的碰撞不僅使原地球的自轉產生了偏斜（地軸傾斜 23.5 度的原因），而且使原月球碎裂，膨脹的氣體挾著塵埃和少量的物質飛離原月球。而原月球的核減速，被原地球吸積並變成了地球的一部分（有人說成為了地核的一部份）。飛離的氣體塵埃物質受地球引力的作用，呈盤狀分佈在地球以外的空間，它們通過吸積先形成一些小天體，然後像滾雪球一樣不斷吸積增長，最終形成現在的月球。

- **【重點整理】**：在教材第四章第一節第三部份月球起源歸納了這四種起源學說的重點。（同學們把空格填充）

| 形 成 學 說 | 內 容 |
|---------|---|
| 捕獲說 | ①月球本是宇宙中自由的行星。 ②月球是地球引力從空中抓過來的。 |
| 分裂說 | ①月球與地球本是一體的。 ②因高速自轉，地球與太陽產生共振，使物質從地球分裂出來。 |
| 同源說 | 星雲的同一區域經過旋轉和吸積，分別形成地球與月球。 |
| 大碰撞說 | 月球形成次序： ①星際間形成大量星子，星子通過相互碰撞和吸積而長大。 ②星子合并形成一個原始地球；同時形成另一個地球大小相當的天體。 ③小的天體撞向地球，大量粉碎了的塵埃飛離地球，通過相互的吸積結合形成月球。 |

- **【設問】**：我們清楚了解月球的起源，如果月球不見了，會發生什麼事？（學生自由表達意見）

➤ **【解答】**：實際上，在 44 億年前，月球的距離遠比今天近得多。科學家計算，當時月球與地球的距離只有現在距離的十五分之一，如果今天月球仍然保持著這樣的距離，我們會看到一顆比今日大十五倍的巨大月亮懸掛天上！亦即月球一直遠離地球哦！而發現這個現象是達爾文第二個兒子 Jorge。

3-5
3-6

3

他發現為何月球遠離地球是因為地球海水與洋底的摩擦使地球自轉速度愈來愈慢，使月球公轉速度會加快，隨之離心力也加大，月球就被逐漸推離地球，有人在美國麥當勞天文台做了個實驗，月球正以每年 3.8cm 的距離遠離地球。

如果月球不見了，夜晚說不能提供部分照明，沒有對地球的潮汐力作用，某些生物將會消失，最重要是飛向地球的流星、隕星或小天體可能沒有月球保護而增加對地球的危險！

- ▶ **【設問】**：同學又能否猜想到月球也會影響到女人的月經周期嗎？
- ▶ **【解答】**：人類學家認為，女性的月經周期，與原始人類的捕獲需求有著相當緊密的關係。滿月前後的幾天，月亮的光芒能夠將大平原完全照亮，即使是黑夜，男人也會出門狩獵，此時的女性獨守空房，她們不需要承擔受孕的義務。所以，女性的排卵周期使以月為單位。

- ▶ **【設問】**：月球對地球引起潮汐現象對生物有何影響？（學生自由回答）

- ▶ **【解答】**：有些生物學家認為，潮汐的變化很可能推動和促進了生命的進化過程。漲潮時，海水拍打海岸；退潮時，把大片淺灘暴露在陽光下。原先棲息在海洋中的某些生物，在海陸交界的潮間帶經受了鍛鍊，使海洋生物的登陸成為可能，一些堅強的生命就在這海陸交界地帶最先生存了下來，成為了日後的爬行動物的祖先。如果沒有月球帶來的潮汐，海洋生命直到今天依然未曾登陸，人類可能只會出現在海中，在海中建立宏偉的家園！（利用 IPAD 展示總鱗魚化石照片、海龜照片）

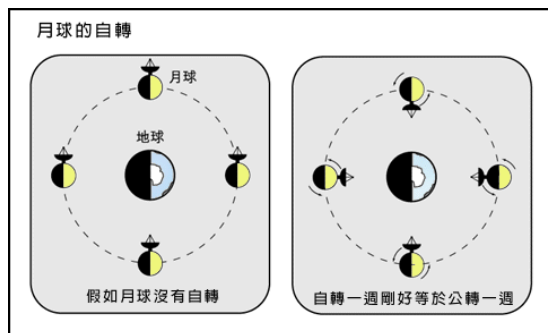
例如照片中總鱗魚有發達的肌肉，有類似四肢的骨構造，不僅能支撐身體，還可以沿陸地移動！關於潮汐會內容會再後面詳細講解。

第二節、月球的運動

一、自轉

4-1

- ▶ **【設問】**：為什麼我們只能看見月球的同一面？（學生思考回答）
- ▶ **【月球自轉的介紹】**：月球繞著地球公轉的同時又自轉，而且當自轉的週期和公轉的週期一樣長時，這個天體在公轉的軌道上會始終以同一個半球朝向公轉的天體，在天文學上把這種現象稱為同步自轉。自轉和公轉的周期約是27日，我們稱之為恆星月，即月球公轉一周的時間。在教材圖中展示了月球沒有自轉和同步公轉的結果，因此為何一直都看見月球同一面是因為同步自轉！



投影月球同步自轉圖片

滿月
照片

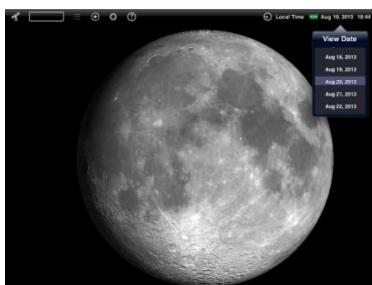
1

自編
教材

圖片

IPAD

不過！事實上月亮並非同一面永遠對著地球，是有差別哦！留心看一看這個動畫。

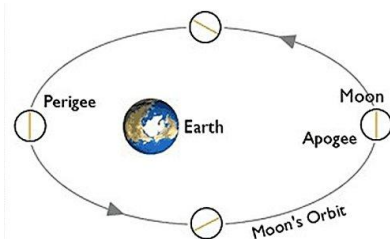


利用IPAD Moon Globe把時間加速數倍，模擬天秤動的情境

4-2

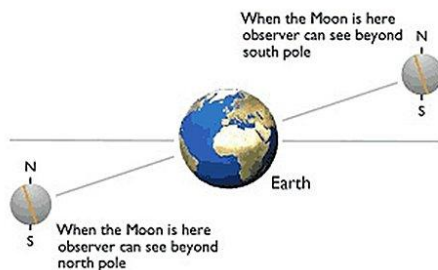
► **【天秤動的介紹】**：為何會出現這種現象？雖然昨天已經說過，月亮因為自轉與公轉的週期剛好一樣，所以它幾乎是以同一個半球面對我們。不過有個問題就是「幾乎」到底甚麼意思呢？我們看月球這種好像左右輕搖、上下點頭的移動這種現象稱為天秤動，並不是月球在動，而是地球上的視覺效應而已。總括原因有：①月球軌道非圓形②白道與黃道並非同一平面。

一是月球公轉軌道是橢圓形，如下圖，它在距離地球近的時候公轉速度快，距離地球遠的時候公轉速度慢，但它自轉的速度始終保持一定，所以看到它左右的範圍就會隨之有所變動，因此導致看到它左右擺動。



投影月球公轉圖片

第二是月球自轉軸、公轉軸和黃道面並不一致，如下圖，因此當它在黃道北面的時候，我們看到月球的南方就會多一點；當它走到黃道南面的時候，我們看到月球的北方就會多一點。因此會看到月球上下範圍會有些變化，好像在點頭一般。



投影月球白球和黃道交角圖片

這種微細的差異，造成我們在地球上可見到月球的表面佔全部總表面積的59%！而不是50%，只有41%地球上永遠不能看見的！不過這樣的現象要長時間透過望遠鏡觀察才看得出來。

【月球公轉的介紹】：月球以逆時針方向繞著地球公轉，本身也以逆時鐘方向

3

圖片

圖片

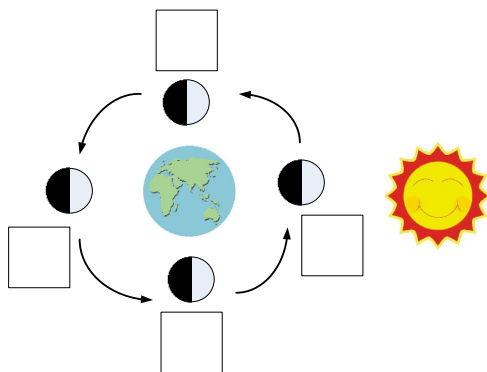
1

4-3 自轉，周期同樣約27日，我們把地球繞太陽公轉的軌道面稱為黃道面，而月球繞地球公轉的軌道面稱為白道面。

「人有悲歡離合，月有陰晴圓缺」，月亮的盈虧是不斷重複出現的自然現象，月球本身不會發光，表面的亮光其實是反射太陽光，正因為如此，從北極上空往下看月亮，發現月球永遠只有一半亮一半暗。再加上月球以逆時針方向繞著地球旋轉，所以我們會以不同的角度去看月球，造成了我們每次看到月亮的亮暗面都不一樣，也就是月相的變化。陰曆的日期更是隨著月相的變化所制訂，例如農曆十五日就是滿月的時候。根據不同的月相，也有不同的命名，其順序為：「朔」、「娥眉月」、「上弦月」、「上凸月」、「望」、「下凸月」、「下弦月」、「殘月」。其中「朔」指的就是俗稱的新月，也就是農曆初一；「望」指的就是俗稱的滿月，也就是農曆十五。

【月相變化的介紹】：

4-4 首先大家打開教材第四章4-2月球的運動內公轉部份，有以下圖示和圖表。



把上圖簡單畫成板圖，把讓學生打開課本上的圖，稱為圖一

| | | | | |
|------|----|-----|-----|-----|
| 農曆日期 | 初一 | 初四 | 初七 | 十一 |
| 月形 | | | | |
| 月相名稱 | | 娥眉月 | | 上凸月 |
| 農曆日期 | 十五 | 十九 | 二十三 | 二十六 |
| 月形 | | | | |
| 月相名稱 | | 下凸月 | | 殘月 |

把讓學生同時打開課本上的表，稱為表一

約在農曆每月三十或初一，月球位於太陽和地球之間。(學生把答案：‘初一’ 填在圖一中適當位置並加以指導) 地球上的人們正好看到月球背離太陽

10

自編
教材

7-2

的面，因而在地球上看不見月亮，稱為新月或朔。(讓學生把適當的月形畫在表一中，把答案：‘新月’填在表一中並加以指導)。

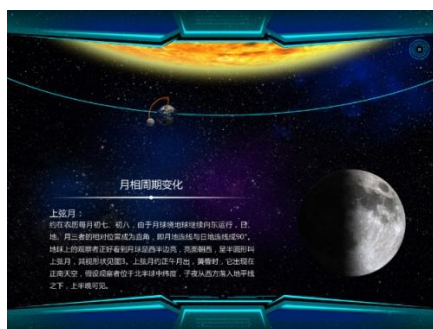
新月過後，月球繼續繞地球公轉，從而使月球離開地球和太陽中間而向邊偏了一些。月球被太陽照亮的半個月面朝西，地球上可看到其中呈鐮刀形的一部分，稱為娥眉月。(讓學生把適當的月形畫在表一中並加以指導)

約在農曆每月初七、初八，月球繞地球繼續向東運行，月地連線與日地連線成90度。(學生把答案：‘初七’填在圖一中適當位置並加以指導)地球上的觀察者正好看到月球是西半邊亮，呈半圓形叫上弦月。(讓學生把適當的月形畫在表一中，把答案：‘上弦月’填在表一中並加以指導)

約在農曆每月十一、十二，在地球上的觀察者看到月球西邊被太陽照亮部分大於一半，即為上凸月。(讓學生把適當的月形畫在表一中並加以指導)

農曆每月十五、十六，月球運行到地球的外側，即太陽、月球位於地球的兩側。(學生把答案：‘十五’填在圖一中適當位置並加以指導)通常情況下，地球不能遮擋住日光，月球亮面全部對著地球，稱為滿月或望。(讓學生把適當的月形畫在表一中，把答案：‘滿月’填在表一中並加以指導)

現在先用IPAD動畫總結一下：



利用IPAD 月球探索把月相由新月到滿月展示數次，重複上述的內容

再過幾天，農曆每月十八、十九，月相變成下凸月，月面朝東(讓學生把適當的月形畫在表一中並加以指導)

農曆每月二十二、二十三，太陽、地球和月球之間的相對位置再次變成直角，月球在日地連線的西邊90°。(學生把答案：‘二十三’填在圖一中適當位置並加以指導)這時我們看到月球東半邊亮呈半圓形，月面朝東，稱為下弦月。(讓學生把適當的月形畫在表一中，把答案：‘下弦月’填在表一中並加以指導)

再過幾天，農曆每月二十五、二十六，月相變成殘月，亮面朝東。(讓學生把適當的月形畫在表一中並加以指導)最後又回到新月。(之後再利用IPAD Moon Globe把整個月相展示數次)

可見，月相的變化依次為新月→娥眉月→上弦月→上凸月→滿月→下凸月→下弦月→殘月→殘月。月球繞地球公轉一周，月相由朔到下一次朔所經歷的時間間隔，即月相變化的週期，叫做朔望月，週期是29.5日。我國農曆中的月份就是根據朔望月確定的。現在我們過的春節、端午、重陽和中秋等節

IPAD

日都是根據農曆確定的節日。所以月相的盈虧可以簡單的歸納為兩條：一、月球不發光，不透明。二、與月、地、日三者的相對位置有關。（展示澳洲2013年天文曆，讓學生觀看天文曆中月相變化的日子）

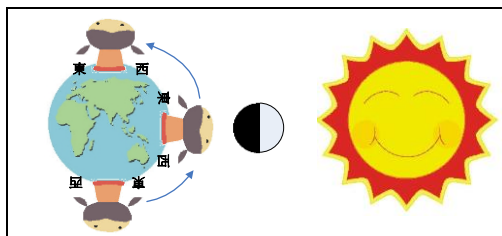


展示教具澳洲天文曆

➤ **【學生活動】**：利用IPAD Moon Globe完成下列任務：

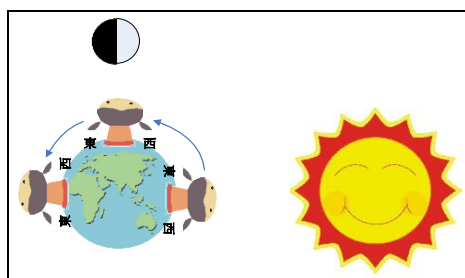
1. 模擬今天月相，讓學生回答今日月相名稱和農曆初幾。
2. 讓學生在IPAD調校娥眉月、下凸月和殘月的月相。

➤ **【月出月落的介紹】**：在我們的印象中，夜裡的月亮總是高掛在天空，但是仔細觀察，你也可以在白天看到月亮的出現。其實在不同的月相日期，月亮出現在天空上面的時間也不同，所以，這裡我們就要來探討月出月落的時間。首先大家打開教材第四章 4-2 月球的運動內公轉部份，有以下圖示。



把上圖畫成簡單的板圖講解

圖中是新月，此月相與太陽同升同落，因此6:00月出，正午12:00在頭頂，18:00月落，此時夜晚不能觀測月亮。（學生把答案填在教材圖示中適當位置並加以指導）



把上圖畫成簡單的板圖講解

圖中是上弦月，假設觀察者位於北半球中緯度，會觀測到上弦月約正午

天文
曆

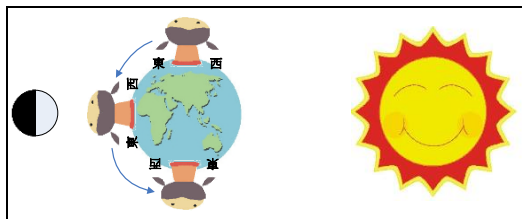
1

IPAD

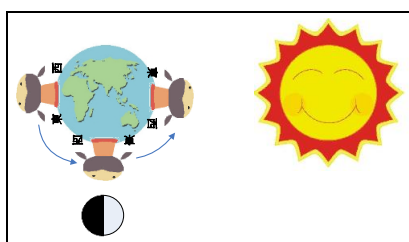
8

自編

月出，黃昏時，它出現在正南天空，子夜從西方落入地平線之下。上弦月在上半夜可以被看到，高掛在頭頂時是西邊亮。(學生把答案填在教材圖示中適當位置並加以指導)



圖中是滿月，滿月在傍晚太陽落山時的東方地平線上升起，子夜時位於正南天空，清晨時從西方地平線落下。(學生把答案填在教材圖示中適當位置並加以指導)



圖中是下弦月，它在子夜時升起在東方地平線上，黎明日出時高懸於南方天空，正午時從西方地平線落下，下半晚可見。下弦月在下半夜可以被看到，高掛在頭頂時是東邊亮。(學生把答案填在教材圖示中適當位置並加以指導)

利用電腦Stellarium設計以下情境：

設定日期為2013年6月30日，讓學生說出月亮月出時間。

再設定日期為2013年7月1日，讓學生說出隔天月亮月出時間。

讓學生計算這7月1日比6月30日遲了多少分鐘。(50分鐘)(同學思考原因)

從以上情境歸納出原因是：因為地球自轉同時，月球也同時公轉的關係，因此每一天月出的時間會比前一天晚50分鐘。

再利用電腦 Stellarium 設計以下情境：

設定日期為 2013 年 6 月 9 日，觀測新月時月出、月頂和月落的位置和時間。

設定日期為 2013 年 6 月 16 日，觀測上弦月時月出、月頂和月落的位置和時間。

設定日期為 2013 年 6 月 23 日，觀測滿月時月出、月頂和月落的位置和時間。

設定日期為 2013 年 6 月 30 日，觀測下弦月時月出、月頂和月落的位置和時間。

教材



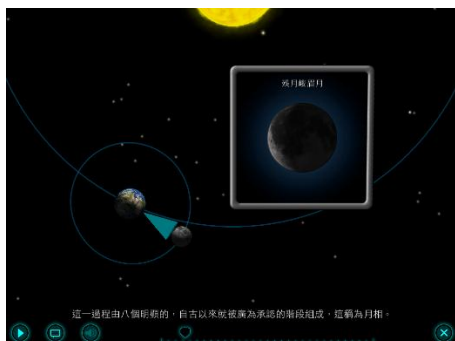
利用 Stellarium 設計各月相月出、月頂和月落的時間和位置

- **【學生活動】**：利用 IPAD Moon 的資料，讓學生完成下列任務。
 1. 老師先設定一個時間（當天），讓學生說出當時月相名稱和農曆日期。
 2. 讓學生說出當天月亮月出時間，位於頭頂的時間，月落的時間。
 3. 讓學生分析當晚能否進行觀測月亮的活動。並提出最適合觀測月亮的時間。



利用 IPAD Moon 讓學生分析出一個觀測月亮的適當時機

- **【動畫觀賞】**：利用IPAD Solar Walk播出動畫，根據學生回饋調節速度，一邊播放一邊重新講解月相變化和月出月落的內容。



利用 IPAD Solar Walk 重溫今堂所講的內容

- **【總結】**：今天我們了解到中國是以朔望月的周期來訂定曆法，周期為29.5日稱為朔望月，而月球自轉的時間約27日，因為公轉和自轉周期相同所以產

電腦
軟件

IPAD

4

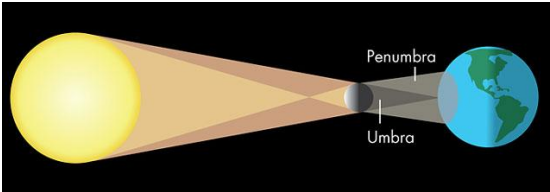

3

IPAD

1

7-1

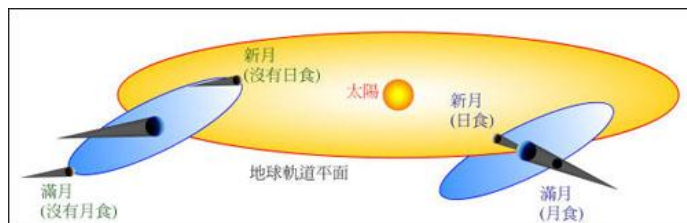
| | | |
|--|--|--|
| <p>生同步自轉使我們經常看見月亮的同一面。月球公轉產生月相的變化，初一的新月、初七的上弦月、十五的滿月和二十三的下弦月，整個周期是29.5日，亦即中國農曆一個月的間隔長度。最後我們了解到月球是因為大碰撞而誕生，而且離地球愈來愈遠，對地球甚至是人類都有莫大的影響！</p> | | |
|--|--|--|

| 第三節、日蝕；第四節、月蝕；補充、月球的探索（第三課時） | | | |
|------------------------------|--|--|-----------------------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| 5-1 | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究教案內容，訂立課程目標。 2. 設計教學活動，準備課外資料。 3. 準備投影片、軟件和教具。 <p>學生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 學生已習得第四章第二節的內容。 2. 預習第四章第三節和第四節的內容。 <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：上一堂大家了解到因為月球的公轉和自轉運動而產生月相盈虧變化，整個月相周期共約29.5天，即今次滿月到下次滿月的相距時間。然而有時月球、太陽和地球三者位置成一直線時會出現特別的天文現象，我們稱之為食。食可以是一個月球進入地球的影子，或是從觀測者和月球之間穿越，而造成暫時太陽被遮蔽的現象！（利用IPAD展示日食照片，讓學生猜一猜圖中的天體是什麼，正在發生什麼現象）</p> <p>第三節、日食</p> <p>➤ 【日食成因的介紹】：每當月球運行至地球與太陽之間，三個天體連成一線時，日食便會發生。</p> |  <p style="text-align: center;">投影月食成因示意圖</p> | 1 |
| | <p>月球阻擋了太陽光，在地球上造成陰影，使某些地區不能接受到部分或全部陽光。</p> <p>利用Stellarium設計以下情境：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 設定時間為2008年8月1日下午19:00，播放到20:00時日食的過程 2) 設定地點為中國新疆地區  | | <p>圖片</p> <p>電腦軟件</p> |

利用Stellarium設計2008年日全食的模擬動畫

因此，日食的成因只在月球運行至太陽與地球之間，三個天體連成一線時發生。所以日食一定發生在朔，即初一當日。

但並不是所有初一一定發行日食，大部份情況月球位於朔，但並沒有遮掩太陽哦！（利用Stellarium設計2008年9月29日朔月的情境）這是因地球軌道（黃道）與月球軌道（白道）成 $5^{\circ}9'$ 交角，故並非每次朔日皆有日食發生！如教材中的圖例所顯示。



利用Stellarium模擬朔月時的情境

➤ **【日食分類的介紹】**：日食主要分為三種，日全食、日偏食和日環食。

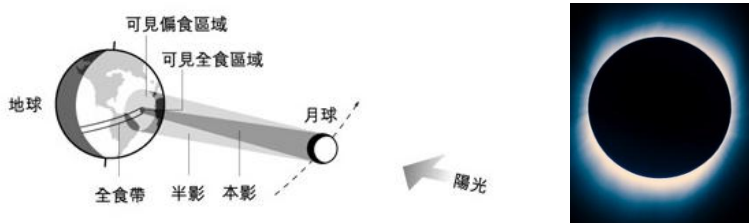
5-2

日全食是指月球的寬度正好可以遮住整個太陽。太陽光球完全被月亮遮住，原本明亮的太陽圓盤被黑色的月球陰影遮蓋，也只有向日全食發生時才可能用肉眼觀測到模糊的日冕。所以當月球距離地球較近時，月球會把整個太陽遮擋，通常只有一個非常少的地區(本影區)可以看到日全蝕。如教材中的全食區域（本影）的位置是可看見日全食，範圍是非常細小，因此在同一個地方出現兩次日全食的機會是非常罕見！而半影的範圍則較大，便能看見日偏食。剛剛已經展示過日全食的動畫，利用IPAD展示圖片中日全食的照片，同學有沒有發現圖中黑色的球體是什麼？（學生回答：月球）而白色較光亮的是什麼？（學生回答：太陽）其實這是太陽的大氣層稱為日冕！只有日全食的時候才能以肉眼看見哦！

自編教材

6

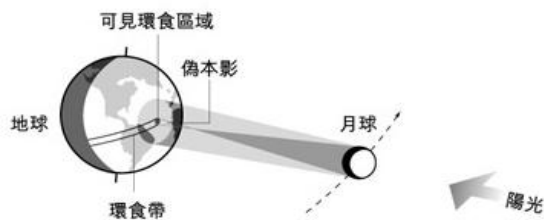
圖片



投影日全食示意圖

當月球處於遠地點時，月球的本影錐不能到達地球因此，這時太陽邊緣的光球仍可見，形成一環繞在月球陰影周圍的亮環，稱為日環食。

如圖中你會發現月球離地球比較遠



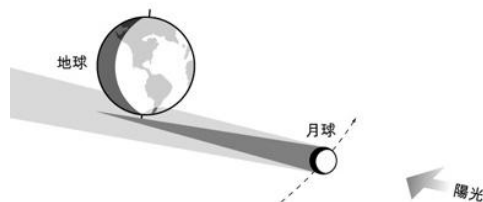
利用Stellarium設計以下情境：

- 5-3
- 1) 設定時間為2012年5月21日下午6:00，播放到6:15時日環食的過程
 - 2) 設定地點為中國香港



利用Stellarium展示日環食的過程

如果觀測者看見一部分的太陽被月球的陰影遮蓋，但另一部分仍繼續發光，剛稱為日偏食。太陽和月球只有部分重合這是因為月球與黃道面的距離稍遠，只有半影碰到地球表面（如圖）。當人們處於半影區，便可以看到太陽被月球遮掩了一部分。



利用Stellarium設計以下情境：

- 1) 設定時間為2014年10月24日上午5:20，播放到5:25時日環食的過程
- 2) 設定地點為俄羅斯北部



利用Stellarium展示日偏食的過程

➤ **【日食的階段介紹】**：利用Stellarium再次模仿日食的過程，並一邊展示一邊講解以下日食階段。同學可以課本中找到日食的各階段圖片。

5-4

電腦
軟件

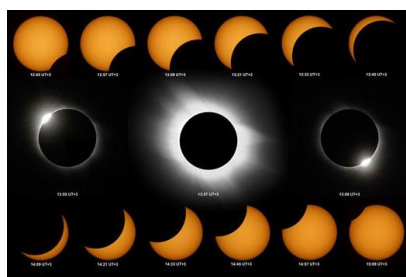
電腦
軟件

1

| 階段 | 內容 |
|----|-------------------------------|
| 初虧 | 月球圓面剛剛和太陽圓面相接觸(第一次外切)時，日偏蝕開始。 |
| 食既 | 月球和太陽兩圓面相第一次內切，日全蝕開始。 |
| 食甚 | 月球圓面中心和太陽圓面中心最近時。 |
| 生光 | 月球圓面和太陽圓面第二次內切，日全蝕結束。 |
| 復圓 | 月球圓面和太陽圓面第二次外切，日偏蝕結束。 |

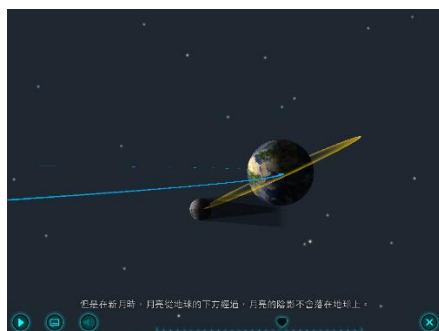
➤ **【學生活動】：**

- 1) 完成《天文觀測手冊高中版》第四章第三節太陽表面圖，畫上三個日食類型時太陽表面的情況。
- 2) 從PPT播放出日全食過程圖讓學生指出和說出每個階段名稱。



投影日全食過程示意圖

- **【動畫觀賞】：**利用IPAD Solar Walk播出動畫，根據學生回饋調節速度，一邊播放一邊重新講解日食的過程和成因。



利用IPAD Solar Walk總結日食過程和成因

第四節、月食

- **【月食成因的介紹】：**月蝕是一種當月球運行進入地球的陰影時，原本可被太陽光照亮的部份，有部份或全部不能被直射太陽光照亮，使得位於地球的觀測者無法看到普通的月相的天文現象。

利用Stellarium設計以下情境：

- 1) 設定時間為2010年12月10日下午20:00，播放



圖片
自編
教材

3

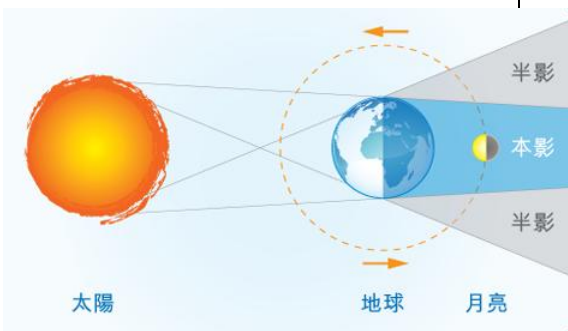
3

IPAD

2

電腦
軟件

到凌晨1:00時月食的過程
 2) 設定地點為澳門地區。
 月蝕發生時，太陽、地球、月球恰好或幾乎在同一條直線上，因此月蝕必定發生在滿月的晚上（農曆十五、十六、或十七）如教材中的圖例所顯示。



投影月食成因示意圖

| 分類 | 階段 |
|-----|-----------|
| 月全蝕 | A半影蝕始 B初虧 |
| | C食既 D食甚 |
| | E生光 F復圓 |
| | G半影蝕終 |
| 月偏蝕 | A半影蝕始 B初虧 |
| | D食甚 F復圓 |
| | G半影蝕終 |
| 影月蝕 | A半影蝕始 D食甚 |
| | G半影蝕終 |

圖片

➤ **【設問】**：月全蝕與日全蝕有何不同？（學生回答：日全蝕時太陽會被月球遮掩而消失）而月全蝕是只是月亮變成暗紅色而已。為什麼呢？

➤ **【解答】**：原因是太陽光經過地球大氣層時發生散射，像黃、綠、藍、靛、紫等色的光波波長比較短，在大氣中受到的散射影響比較大，紅色的光線波長比較長，受到散射的影響不大，可以通過大氣層穿透出去，折射到躲在地球影子後面的月亮上；此外，由於大氣層的灰塵及雲的含量與位置不同，光線偏折程度會有不同，因此月全蝕時的月球是暗紅、紅銅、或橙色的。同樣的道理，由於大氣層的散射，朝陽與夕陽不是白色的，而根據高度因為大氣散射程度不同，呈現橙色或紅色。

5-6

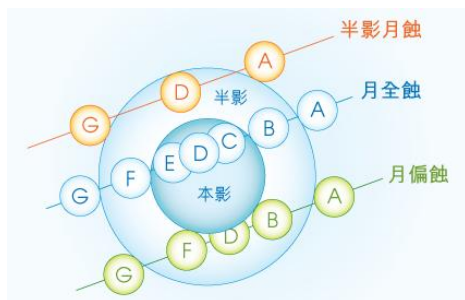
1

➤ **【月食分類和階段】**：第一個是月全蝕：當整個月球進入地球的本影內時，在其前後均會發生月偏蝕與半影月蝕。第二個是月偏蝕：當月球只有部份進入地球的本影時，在其前後均會發生半影月蝕。最後一個是半影月蝕：此時月球只是掠過地球的半影區，造成月面的光度極輕微減弱，所以較不易為人注意。

5-7

2

以月全蝕為例（讓學生打開教材圖例並對應老師的講解）。



自編教材

5-8

1. 半影食始：月球剛剛和半影區接觸，這時月球表面光度略為減少，但肉眼較難覺察。
2. 初虧：月球由東緣進入地影的一刻，月球與地球本影第一次外切。
3. 食既：月球完全進入地球本影的一刻，並與本影第一次內切。
4. 食甚：月圓面中心與地球本影中心最接近的瞬間，此時前後月球表面呈紅銅色或暗紅色。
5. 生光：月球開始離開地球本影的一刻，並與地球本影第二次內切。
6. 復圓：月球完全離開地球本影，與地球本影第二次外切。
7. 半影食終：月球離開半影，整個月蝕過程正式完結。

相比於日食，月食發生的時間是十分長的，平均需時數小時，各年月食的時刻在大部分日曆上均有說明。月全食時間最長可長達約2小時，日全食最長僅能7分鐘左右。古代中國與非洲民間認為月蝕是「天狗吞月」，必須敲鑼打鼓才能趕走天狗。在漢朝時，張衡就已經發現了月食的部份原理，他認為是地球走到月亮的前面把太陽的光擋住了。前4世紀的亞里士多德根據月食看到地球影子的圓形而推斷出地球是圓的。前3世紀古希臘的天文學家阿里斯塔克、前2世紀的喜帕恰斯都提出過通過月食來測定太陽、地球、月亮的大小，因為推斷過程較為複雜因此不再加以講解了。

➤ **【學生活動】**：展示出以下老師拍攝的月全食過程圖讓學生判斷何者是初虧、食既、食甚、生光、復圓。



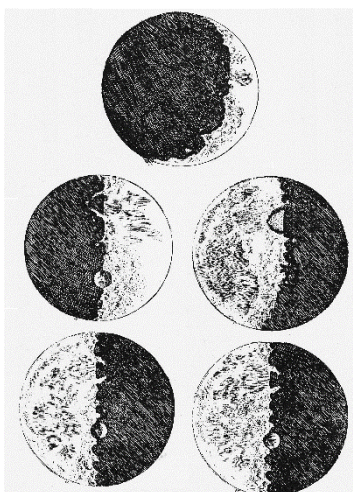
補充：月球的探索

➤ **【月球的觀測】**：月亮並不像太陽那樣保持著恆定，它或圓或缺，忽大忽小，有時還會突然間被天狗吃得一點兒不見。掌握月亮秘密的同時，人類是否就能掌握自己的命運？

6-1

對月亮不斷變形的疑問顯然持續了相當長的時間。直到公元1497年，一位叫做哥白尼的天文學家才首次揭開了陰晴圓缺的秘密，他提出的日心說正確地解釋了月相變化的成因。他的學說改變了那個時代人類對宇宙的認識，而且動搖了歐洲中世界宗教神學的理論基礎。由於時代的局限，哥白尼只是把宇宙的中心從地球移到了太陽，並沒有放棄太陽是宇宙中心的論點。雖然哥白尼的觀點不完全正確，但是他的理論的提出給人類宇宙觀帶來了巨大的變革。

1609年春天，巴黎的眼鏡製造商開始出售鏡筒裡有一片凸透鏡和一片凹透鏡的小型望遠鏡，放大率只有3—4倍。1609年5月，在義大利的伽利略輾轉聽到巴黎來的傳聞，馬上弄到鏡片製作了一台望遠鏡。之後他日日夜夜磨鏡拋光，所製望



月全食照片

圖片

1

2

6-2

遠鏡的倍率不斷提升。1609年8月，伽利略受邀展示望遠鏡，他和威尼斯的總督和議員登上港口旁的鐘塔，用他已改良到8—9倍的望遠鏡遠眺威尼斯港遠方的船隻，大家爭相目睹稱奇，伽利略將這具望遠鏡贈給了威尼斯政府。他繼續磨鏡造鏡，最後完成放大率為20倍的儀器，大膽將目標轉向月亮，從短短半個月之間，伽利略夜夜觀測並描繪月球表面，留下了至少8幅月球繪圖，他對准月球並對月面進行素描，用畫筆記錄下他第一次科學觀測月球的直觀感受。他發現了月球表面的凹凸不平。（投影伽利略繪畫的月面照片）

儘管第一個望遠鏡不是他發明製作的，第一次用望遠鏡窺月不是他觀看的，第一幅月面圖不是他描畫的。但伽利略揭開月亮與宇宙奧秘的功績卻讓世人永銘於心，將這些第一通通都歸於他。他頭腦好技術佳眼光遠，他探究光學原理，自製望遠鏡並將倍率不斷提升，並好奇的將眼光從地面擴展到宇宙；他不僅看清月亮的真面目，細心描繪月亮的崎嶇表面，更解釋這些陰影的原因由來，推算出月球上山脈的高度。他仔細觀察木星旁的幾個小點點的移動，破天荒的提出木星有衛星的概在伽利略用望遠鏡窺天的360年後，人類首度登上月球。

➤ **【阿波羅計劃】**：20世紀50年代末以來，蘇聯和美國開始進行了在探月研究方面的太空競賽。由於涉及頂端技術和國防科技，空間競賽在一定意義上也是軍備競賽的一種體現。比起其實際意義來講，空間技術因其在軍事上的應用潛力和鼓舞人心的巨大作用而成為這場角逐中的焦點。1959年蘇聯第一顆地球人造衛星標誌著空間競賽的正式開端。蘇聯屢屢奪得太空競賽中的第一，包括人類有史以來第一個星際探測器—月球1號。第一個撞擊月球表面的人造物體是月球2號；第一個拍攝到通常是被遮蔽而看不見的月球背面影像的是月球3號，這全都發生在1959年。（展示月球1號和2號的照片）。

6-3

美國人對此耿耿於懷，為了展現自己的實力，便把目光描向了月球。1961年肯尼迪總統宣布在未來10年來，把一個美國人送上月球，並使他重返地面。

整個國家的威望在此一舉。這項任務就是著名的「阿波羅」載人登月探險計劃。經過無人的阿波羅太空船在地球軌道上一系列的測試之後阿波羅8號於1968年首度執行載人環繞月球軌道的任務。這是世界上

6-4

第一艘繞月飛行的載人飛船。飛船在太空中航行了三天才到達月球！並繞月球軌道飛行了20小時。在平安夜時三位太空人在月球軌道中向地球作了電視直播。而且這是歷史上觀眾最多的電視直播之一！阿波羅8號第一次人類完整地拍攝了整個地球，也拍攝到歷史上第一張地出照片。（投影地出照片）



圖片

在1969年人類首次登陸月球，與後續多次的登陸月球，使很多人認為是太空競賽的最高潮阿姆斯壯是美國阿波羅11號任務的指揮官，他在1969年7月21日踏上月球表面，踏下人類的第一個足印，說道「這是我個人的一小步，但

2

| | | | |
|------|--|---------------------|-------------------|
| | <p>卻是全人類的一大步。」他成為第一位在月球上漫步的人。</p> <p>➤ 【照片欣賞】：欣賞阿波羅計劃的成果照片。</p> <p>➤ 【短片欣賞】：來自Youtube《'Apollo 11 Remastered' - An Orbiter Film》（共8分鐘）</p> <p>➤ 【中國的探月】：中國現時最龐大的探月工程就是嫦娥工程，可分為「探」、「登」、「駐」三個階段。即無人月球探測，載人登月和建設月球基地，現時中國的探月階段屬於「探」的階段。</p> | <p>圖片</p> <p>短片</p> | <p>1</p> <p>7</p> |
| 6-5 | <p>重返月球，開發月球資源，建立月球基地已成為世界航天活動的必然趨勢和競爭熱點。月球已成為未來航天大國爭奪戰略戰源的焦點。月球具有可供人類開發和利用的各種獨特資源，月球上特有的礦產和能源，是對地球資源的重點補充和儲蓄，將對人類社會和可持續發展產生深遠影響。而嫦娥工程是「探月」階段的代號，又分為「繞」、「落」、「回」三期。</p> | | 2 |
| 6-6 | <p>「繞」：發射一顆月球衛星，在距離月球表面200千米的高度繞月飛行，邊繞邊看，進行月球全球探測。中國成功的發射了第一艘進入月球軌道的太空船—嫦娥一號，在6個月的任務期間，它獲得月球表面完整的影像圖。而嫦娥二號於2010年發射升空，最主要的任務是為嫦娥三號預定著陸的虹灣拍照，</p> | | |
| 6-7 | <p>而其分辨解析力高達1米！「落」：發射月球軟著陸器，降落到月球表面，釋放一個月球車，在月球上邊走邊看，進行著陸區附近局部詳細探測，著陸器還將攜帶天文望遠鏡，從月亮上觀測星空。嫦娥三號是第二階段的登月探測器，包括著陸器和月球車。預計將於2013年12月將發射升空，攜帶中國的第一艘月球車，並實現中國首次月面軟著陸。「回」：發射月球自動採樣返回器，降落到月球表面後，機械手將採集月球土壤和岩石樣品送上返回器，返回器再將月球樣品帶回地球，開展相關研究。</p> | <p>圖片</p> | |
| 6-8 | <p>➤ 【照片欣賞】：利用電腦展示出任務拍攝成果—虹灣局部影像圖</p> | | |
| 6-9 | <p>➤ 【短片欣賞】：來自 Youtube《中國航太-嫦娥三號研製順利 2013 年落月探測》（思考：嫦娥三號有何特別之處？困難在那裡？）</p> | <p>短片</p> | 1 |
| 6-10 | <p>➤ 【總結】：地球是人類的搖籃，但人類不會永遠生活在搖籃里。從具有思維的那一天起，人類便對頭頂這片藍色天空懷有無限的遐想。而月球這個離我們最近的星球，早就激發起了中國人探索的興趣。</p> | | 2 |
| | <p>月球成為了大國爭霸的戰場，巨額花費使得美蘇雙方頗感吃力，最後走向合作道路。蘇聯在航天領域方面取得突破雖比美國早，但後來由於資金、人才等各種因素，美國成為最終的科技巨頭。一些觀察家認為高即的航天競賽經濟開銷造成了蘇聯的解體。但是拋開軍事力量和兩種文明的比拼，簡單來說，美蘇的探月歷程可以分為探路和賽跑兩個階段。在這兩段時期，兩國的技术和設備都有長足的創新。</p> | | 1 |

四、試教評估、反思及建議

本章的教學目標是讓學生能認識月球的基本知識，了解月面地貌的形成，認識月球形成的理論，介紹各種與月球有關的天文現象等，並能通過望遠鏡觀察月球表面地形，實證理論知識。整個章節課程分為理論課和月球觀察操作兩大部分。

首先，本章節以月球的神話故事作為引入動機，如吳剛伐桂、玉兔搗藥等，這些神話的確能增加學習興趣，更有學生說出老師從未聽過的神話故事，此部份的內容除了可以增加學生對古代天文學的認識外，還可令學生有更多想像空間，建議如果課時許多，適宜通過說故事的形式，由他們自由發揮，說一說各種關於月亮的神話故事，讓課堂有更多的互動和樂趣。在月球地形部份，使用 IPAD Moon Globe 軟件能清晰展示月面上各種地形，畫面設計優美，易於使用，的確收到很好的教育效果，學生能回答問題，課後仍有很大興趣。建議可針對單一主題作深入的發揮，如讓學生親自使用 IPAD 嘗試尋找一些重要的月面地貌，兼具趣味性與教育性，增加課堂互動。另外，講解關於月球公轉、月蝕和日蝕部份，這部份的知識實用性強，此種抽象的概念原本的確較難理解，然而借助電腦軟件動畫的特殊處理或模擬，可以加深學生的印象，並通過使用填寫自編教材的練習題，學習單的書寫繪畫，加上在旁老師需要悉心的教導，學習成效比預期好，所有學生都能回答和填寫學習單。建議如課堂時間許可，嘗試使用軟件模擬當天的月相、月出和月落，提供立即的知識回饋，學生可以驗證自己所學知識，加深學習效果。最後關於月球探索部份，章節內容是講解美國探月和中國探月計劃，學生對這種課題相當有興趣，反應熱烈，踴躍回答教師的提問。建議老師在課堂中開放更多提問時間，適時解答學生的問題，使得師生互動自然、氣氛活潑，如在這方面把握得當，相信能發掘有興趣的學生，老師也要對課題準備充足，搜集更多相關的新聞閱讀素材和短片，學生閱讀後能更快了解航太國情發展。

理論課之後會安排一次校內月面地貌的觀察操作，整個過程非常順利，學生通過觀察驗證課堂所學知識/概念，讓學生把課堂所學與真實環境加以對照，學生的確更容易了解抽象的知識，皆能回答老師問題，當遇到問題時，大多數同學會主動向老師請求協助，並成功解決問題，也能利用手機把月相影像拍攝下來，課後有不少同學表示非常喜歡觀看月球表面，形容像太空漫步，置身於月球之上。如器材許可建議每兩人一組使用一支望遠鏡，人數太多會令某些同學未能參與觀察活動，過程中老師可以安排任務，嘗試在各組的望遠鏡中找出月溪、月海、隕石坑等月面地貌，讓學生有更多時間使用儀器尋找答案，經過獨立探索或合作研究後解答問題，提升協作解難能力，老師此時須要觀察每一位學生操作情況，也可以主動問學生問題。

五、成果展示

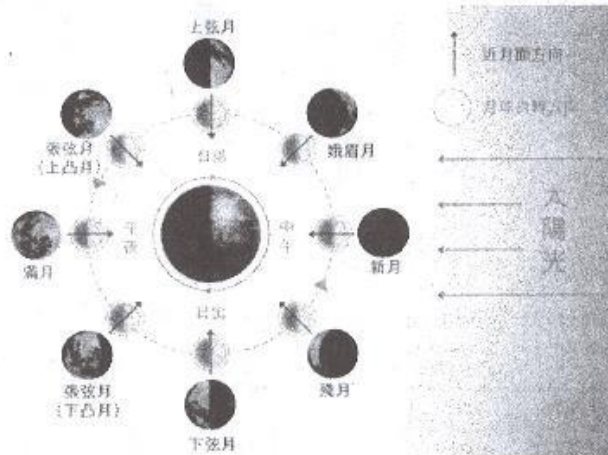
天文觀測手冊—高中版
公轉

譚煒銘 121342

聖公會澳門蔣高中學 謝建強老師自編教材

- ①月亮的盈虧是由於月球公轉產生，周期相隔 29.5 日，稱之為朔望月。
- ②月亮本身不會發光，只是反射太陽光，由於太陽、地球與月亮之間的方向改變，因此會出現月相的變化。
- ③盈虧周期的階段：

| | | | | | | | | |
|----|----|-----|--------------|-----|--------------|-----|----|----|
| 農曆 | 初一 | 初八 | 十五 | 二十三 | 初一 | | | |
| 階段 | 新月 | 娥眉月 | 上弦月 (上凸月) | 滿月 | 張弦月 (下凸月) | 下弦月 | 殘月 | 新月 |



在表中畫出不同月相的月形

| | | | | |
|------|----|-----|-----|-----|
| 農曆日期 | 初一 | 初四 | 初七 | 十一 |
| 月形 | | | | |
| 月相名稱 | 新月 | 娥眉月 | 上弦月 | 上凸月 |
| 農曆日期 | 十五 | 十九 | 二十三 | 二十六 |
| 月形 | | | | |
| 月相名稱 | 滿月 | 下凸月 | 下弦月 | 殘月 |

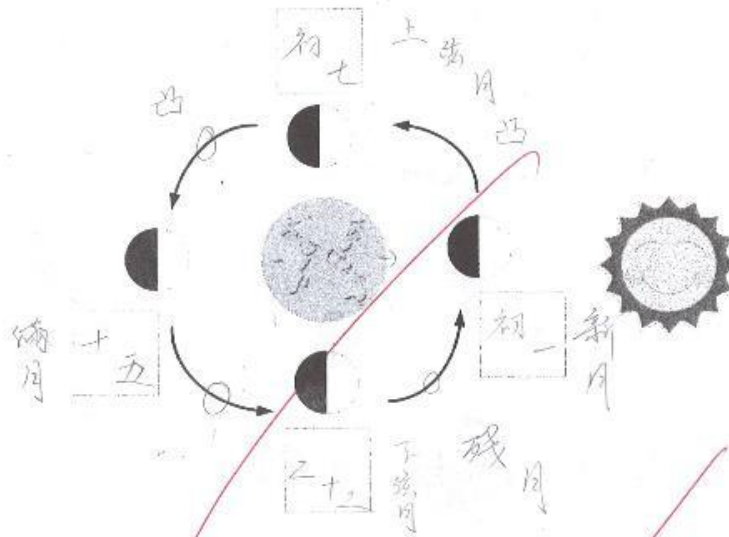


學生作業(一)

天文觀測手冊—高中版

聖公會澳門蔣高中學 謝建勳老師自編教材

在圖中畫出四個地球位置所代表的月相

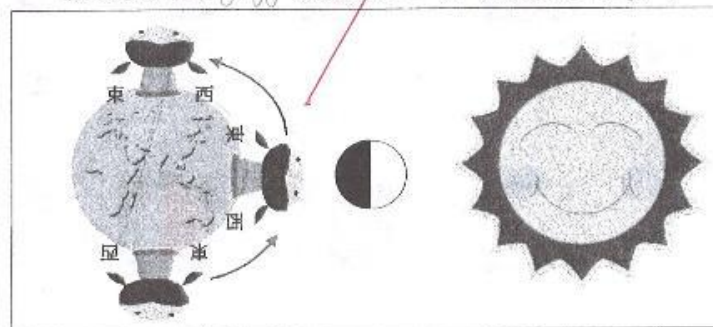


②月出月落時間：月球公轉的關係，因此每一天月出的時間會比前一天晚 50 分鐘。

| | 月亮升起 | 月亮在頭頂 | 月亮落下 | 夜晚觀測時間 | 發亮的方向 |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 新月(朔) | 6:00 | 12:00 | 18:00 | 看不見 | 看不見 |
| 上弦月 | 12:00 | 18:00 | 24:00 | 上半夜 | 西邊亮 |
| 滿月(望) | 18:00 | 24:00 | 6:00 | 整夜可見 | 全部亮 |
| 下弦月 | 24:00 | 6:00 | 12:00 | 下半夜 | 東邊亮 |

寫出不同月相所看到的月初月落時間

新月：【月出】(6:00)【頭頂】(12:00)【月落】(18:00)

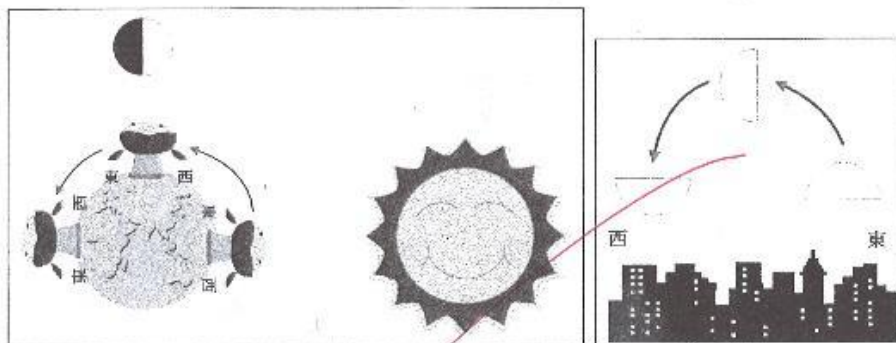


學生作業(二)

天文觀測手冊—高中版

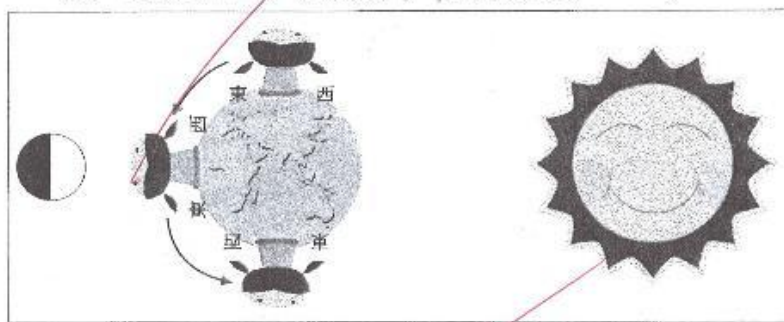
聖公會澳門慈高中學 謝濼勳老師自編教材

上弦月：【月出】(12:00)【頭頂】(18:00)【月落】(0:00)

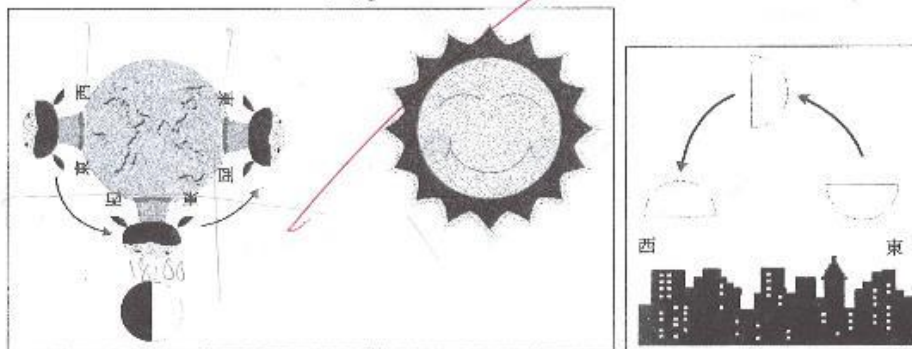


※上弦月在上半夜可以被看到，高掛在頭頂時是【西】邊亮。

滿月：【月出】(18:00)【頭頂】(0:00)【月落】(6:00)



下弦月：【月出】(0:00)【頭頂】(6:00)【月落】(12:00)



※下弦月在下半夜可以被看到，高掛在頭頂時是【東】邊亮。

學生作業(三)

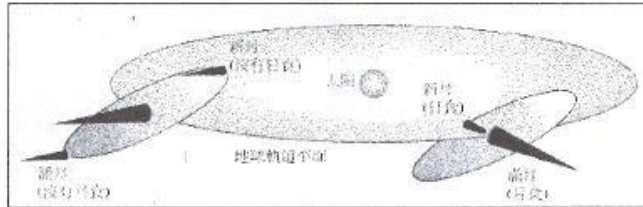
天文地理手冊—高中版

聖公會澳門蔡高中學 謝建勳老師自編教材

4-3 日蝕

日蝕成因

- ① 只在月球運行至太陽與地球之間，三個天體連成一線時發生。
- ② 日食一定發生在朔，即初一當日。
- ③ 月球必須接近太陽和月球軌道交點的位置。



因地球軌道（黃道）與月球軌道（白道）成 $5^{\circ}9'$ 交角，故並非每次朔日皆有日食發生

日蝕分類

| 種類 | 內容 | 圖 | 解 | 此時太陽表面 |
|-----|--|---|---|--------|
| 日全蝕 | ① 月球距離地球較近時，月球會把整個太陽遮擋。 ② 通常只有一個非常少的地區（本影區）可以看到日全蝕。 | | | |
| 日環蝕 | 當月球距離地球較遠時，月球無法遮掩整個太陽。 | | | |
| 日偏蝕 | 當人們處於半影區，便可以看到太陽被月球遮掩了一部分。 | | | |

學生作業(四)



2014年4月7日 校內觀月實習



2014年4月7日 學生手機拍攝作品

| | | |
|------|---|--|
| | <p>二、情感目標</p> <p>5. 培養學生喜愛觀察恆星的樂趣</p> | <p>4-6 能說明食聯星的定義</p> <p>4-7 能說明食變星的定義</p> <p>4-8 能說明脈沖變星的定義</p> <p>4-9 能簡述周光關係的定義</p> <p>4-10 能說明新星的定義和形成原因</p> <p>5-1 能主動分享戶外觀星的方法</p> <p>5-2 能主動關心恆星演化的相關新聞</p> <p>5-3 通過對恆星演化的學習，感悟天體演化的漫長經歷，建立正確的宇宙觀。</p> <p>5-4 培養對天文物理的興趣，增強積極討論交流自己觀點的膽量。</p> <p>5-5 通過中國記錄的超新星爆發—天關客星蟹狀星雲對天文的貢獻，激發民族認同感和愛國情懷。</p> |
| 教學重點 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 能認識各種常用的天文距離單位。 2. 能運用視星等和絕對星等的分級原則，並應用於星座盤和野外觀星活動。 3. 知道恆星的演變一般過程，和了解恆星的質量與其壽命的關係。 4. 能說明各種聯星、變星觀測方法的差異之處。 | |
| 教學難點 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 學會看及分析赫羅圖。 2. 能從多普勒現象理解光譜雙星的觀察方法。 3. 能了解周光關係如何計算恆星距離。 | |

| | |
|---|---|
| 教 | <p>本章節課題主要分為幾部份包括，天文的距離單位應用、恒星的分類、組成和恒星的演化過程、視星等和絕對星等的重要概念等。內容的學習對學生認識宇宙、建立正確的宇宙觀有重要的意義。本章教學重點內容主要是恒星的演化過程和多樣化。因為恒星的分類包括紅巨星、主序星和白矮星等可以有機會融合在恒星的演化過程內容中，所以本章教學可劃分為「恒星的演化」，「恒星的多樣化」兩大主要環節。</p> |
| 材 | <p>本設計要突出的重點是恒星的分類及演化，老師以「赫羅圖」的產生原則和應用，認識不同恆星的分類和其不同階段的演化方式，再以超新星引出恒星的演化，再將恒星生命歷程中幾個階段與恒星的分類相對應，加深對恒星分類和演化的瞭解。而難點主要在人類認識恒星的一些方法。而這些方法必須對天文距離有一定的認識基礎，所以本教材把這部份內容放置在第一課時，循序漸進、由淺入深地介紹觀察方法，其實這是隱藏在本課知識背後的思想方法。對於本課涉及的具體方法，教學活動中採取學生活動的形式來加強學生的感受，此外，老師的引導對學生課外自主學習，IPAD 實時互動教學也是重要的教學手段。</p> |
| 研 | <p>學生在過去幾堂的天文課中應普遍對天文學有一定的基礎，安循序漸進的原則，課程難點會愈來愈多，也比較難掌握，而且本次教材的知識內容本身就充滿了大量的物理、化學的基本知識，因此教學上會有一定的難道。但根據以往經驗，學生非常喜歡觀察星星，欣賞恆星的美，對恆星背後的知識應有著濃厚的興趣，且學生已有野外觀星的經驗，必定對恆星產生許多疑問，則可通過本次教材設計解答學生問題，所以不必煞費苦心去創設情景、激趣設疑。因此本教學設計先從恆星的距離單位開始說起，簡單引入恆星的距離比我們想像中遙遠，其次進入恆星的命名，插入中國古代的神話命名故事，加深學生學習興趣，繼而開門見山的進入恒星的星等、演化和分類環節。恒星的顏色和溫度、亮度和星等知識，讓學生閱讀教材和聆聽老師講解做「常識性」瞭解即可。亦將重點放在討論這些內容知識點之間的關係，以及以此為基礎建立的「赫羅圖」上，並注意引導學生會看、看懂「赫羅圖」，這應讓學生通過實踐活動來進行，例如以某一星團的「赫羅圖」作實例示範。</p> |
| 究 | <p>由於「赫羅圖」不僅顯示了各類恒星的特點，同時也反映恒星的演化過程。所以本設計在此將教材的順序作了相應的調整。在恒星的分類後，緊接著討論恒星的演化，由於恆星演化中「超新星爆炸」的資料與恒星的多樣性是緊密相連的，所以也將其移至後處，結果新星內容。恒星的演化和多樣性教材介紹的比較詳細，同樣可以讓學生先自行閱讀教材，借多媒體投影片、IPAD、短片等加深重點知識的理解和突破難點障礙。對於基礎較好的學生，教師可以將恒星的演化過程與「赫羅圖」互相結合，可以將恒星的一生的演化軌跡在「赫羅圖」上通過投影片展示出來。</p> <p>最後，在第四節課程中以拓展練習的方式，簡單講解周光關係法，使學生瞭解恒星到地球距離的測量方法，同時也瞭解天文測量的精細與細緻。並將本課所學的知識與前面學習天文常用距離單位的知識相結合，做到複習應用。</p> <p>通過對恒星知識的瞭解，打破宇宙神秘、建立正確的宇宙觀，同時體會宇宙的偉大與無與倫比的美，激發學生對宇宙知識的興趣，樹立探索宇宙的精神。而老師在教學的過程中應注重引導學生進行自主學習、提高師生互動、表達交流的能力。</p> |

| | |
|----------------------------|---|
| <p>教 學 架 構</p> | |
| <p>教學方法</p> | <p>講授、觀測、討論、設問、引導教學、學習單、師生互動、交互式多媒體應用、學生活動、教具展示</p> |
| <p>教學資源</p> | <p>自編教材和學習單、教學媒體包括電腦圖片、短片、IPAD、教具</p> |

| | |
|--------|--|
| 教 學 | 1. 認知評量： A. 能回答問題 B. 能完成／填寫學生手冊章節內容 2. 情感評量： 觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等…… 3. 綜合評量： |
|--------|--|

第一課時 (40min)

| | | | | |
|------------------|--|---|----|-----------------------|
| | 一堂深空天體觀察的內容。老師在旁觀察學生的投入情況，適當的引導、輔助。 | | | |
| 課 前 準 備 | 1. 資訊設備：電腦、投影機、IPAD 2. 應用程式準備：Solar walk；Exoplanet；Stellarium 3. 投影片準備：M80照片、M80赫羅圖、大質量的恆星演化圖、中等質量恆星的演化赫羅圖、白矮星照片、白矮星與地球比較圖、各質量恆星的演化圖、多普勒效應示意圖、低質量恆星的赫羅圖、周光關係示意圖、星際物質照片、秒差距示意圖、紅巨星的原素生成圖、紅巨星與太陽比較圖、紅巨星與地球比較圖、紅移現象圖、食雙星圖、原恆星照片、脈沖星照片、脈沖變星示意圖、參宿四紅巨星、超新星照片、螺旋星雲照片、穩定恆星示意圖、蟹狀星雲照片。 4. 短片準備：《6分半鐘後，你會為這個宇宙的博大而震撼》、《Pulsar Sounds》、《Doppler Effect》、《多普勒效應》、《Binary Orbit (updated)》、《Chi Cygni expands》、《What Is A Supernova》、《How the sun will die and what happens to earth》。 5. 課外文章：《古代中國星宮簡述》。 6. 教具準備：手電筒、星座盤。 7. 教材和學習單準備：自編教材《天文觀測學生手冊－高中版》 | | | |
| 課 時 分 配 | 1. 課堂活動共四課時，每課時 40 分鐘。 2. 一次戶外觀星實習，約 120 分鐘。 3. 重點內容如下： | | | |
| | 節次 | 月 | 日 | 教學重點 |
| | 1 | 4 | 25 | 天文常用的距離單位、恆星的命名方法 |
| | 2 | 5 | 9 | 恆星的亮度和光度、視星等和絕對星等、赫羅圖 |
| | 3 | 5 | 20 | 恆星的演化 |
| | 4 | 6 | 4 | 恆星的多樣性 |
| | 5 | 6 | 7 | 戶外觀星實習 |

| 教學重點：天文常用的距離單位、恆星的命名方法 | | | | | |
|------------------------------------|-----------|---------|------------------------------|------|--|
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
| 第二課時 (40min) | | | | | |
| 第六章、 恆星的觀測 第一節、常用的 天文距離單位 | 天文常用的距離單位 | 課題引入 | | 1min | 認知評量：能回答問題；完成學生手冊章節內容；完成課後作業 情感評量：觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等…… |
| | | 光年介紹 | | 1min | |
| | | 設問和解答 | | 2min | |
| | | 天文單位介紹 | 板書、電腦軟件 (Stellarium) | 4min | |
| | | 三角視差法介紹 | 圖片 | 3min | |
| | | 秒差距的介紹 | 板書 | 2min | |
| | | 學生活動 | 電腦軟件 (Stellarium) | 3min | |
| | | 設問和解答 | | 1min | |
| | | 短片欣賞 | 《6分半鐘後，你會為這個宇宙的博大而震撼》 | 4min | |
| 第六章、 恆星的觀測 第二節、恆星的概況 | 一、恆星命名 | 中國命名方法 | 電腦軟件 (Stellarium) | 7min | |
| | | 設問和解答 | 《古代中國星宮簡述》、電腦軟件 (Stellarium) | 4min | |
| | | 拜耳命名法介紹 | 自編教材 | 2min | |
| | | 學生活動 | 電腦軟件 (Stellarium) | 2min | |
| | | 設問和解答 | | 3min | |
| | 總結和學生發問 | | 1min | | |

一、恆星的觀察教學計劃說明

| 第三課時 (40min) | | | | | |
|--------------------------------|-------------------|---------------|------------------------------------|------|--|
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
| 第六章、 恆星的觀測 第二節、恆星 的概況 | 二、恆星的光度 和亮度 | 課題引入 | 星座盤 | 2min | 認知評量：能回答 問題；完成學生手 冊章節內容；完成 課後作業 情感評量：觀測學 生的表現行為、投 入程度、好奇心、 合作態度、創新 等…… |
| | | 恆星亮度介紹 | | 4min | |
| | | 學生活動 | | 2min | |
| | | 恆星光度介紹 | 手電筒 | 2min | |
| | 三、恆星的視星 等和絕對星等 | 視星等介紹 | 自編教材、電腦 軟件(<i>Stellarium</i>) | 5min | |
| | | 設問和解答 | | 2min | |
| | | 絕對星等介紹 | 自編教材 | 3min | |
| | 四、恆星的光譜 | 恆星的光譜介紹 | 電腦軟件 (<i>Stellarium</i>) | 4min | |
| | | 恆星顏色和溫度 介紹 | 自編教材 | 1min | |
| | | 學生活動 | 電腦軟件 (<i>Stellarium</i>) | 2min | |
| 第六章、 恆星的觀測 第三節、恆星 的演化 | 一、赫羅圖 | 赫羅圖介紹 | 圖片、IPAD (<i>Solar Walk</i>) | 9min | |
| | | 深入介紹 | 圖片 | 3min | |
| | 總結和學生發問 | | | 1min | |

二、教學時間分配

| 教學手冊 - 恆星的演化 | | | | | |
|--------------------------------|---------|-----------------|---------------------------------|------|--|
| 第四課時 (40min) | | | | | |
| 科目 | 主題 | 教學策略 | 時間 | 評量方法 | |
| 第六章、 恆星的觀測 第三節、恆星 的演化 | 二、恆星的演化 | 課題引入 | | 2min | 認知評量：能回答 問題；完成學生手 冊章節內容；完成 課後作業 情感評量：觀測學 生的表現行為、投 入程度、好奇心、 合作態度、創新 等…… |
| | | 原恆星的介紹 | 圖片 | 7min | |
| | | 主序星階段介紹 | 自編教材 | 4min | |
| | | 紅巨星介紹 | 圖片 | 6min | |
| | | 設問和解答 | | 3min | |
| | | 恆星末期介紹 | | 2min | |
| | | 低質量恆星死亡 | IPAD(<i>Exoplanet</i>)、 圖片 | 2min | |
| | | 中質量恆星死亡 | 圖片 | 4min | |
| | | 大質量恆星死亡 | | 4min | |
| | | 中子星介紹 | | 2min | |
| | 短片欣賞 | 《Pulsar Sounds》 | 2min | | |
| 總結和學生發問 | | 2min | | | |

| 教學重點：恆星的多樣性 | | | | | |
|---------------------------------|---------|---------|---|------|--|
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 | |
| 第六章、 恆星的觀測 第四節、恆星 的多樣性 | 一、雙星 | 課題引入 | | 2min | 認知評量：能回答問題；完成學生手冊章節內容；完成課後作業 情感評量：觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等…… |
| | | 光學雙星的介紹 | 電腦軟件 (<i>Stellarium</i>) | 2min | |
| | | 聯星的介紹 | | 3min | |
| | | 目視聯星 | | | |
| | | 光譜聯星 | 圖片、 <i>IPAD</i> (<i>Exoplanet</i>) | 4min | |
| | | 短片欣賞 | 《Doppler Effect》 和《多普勒效應》 | 2min | |
| | | 多普勒現象 | 圖片 | 3min | |
| | | 食聯星 | 圖片、 <i>IPAD</i> (<i>Exoplanet</i>) | 2min | |
| | | 短片欣賞 | 《Binary Orbit (updated)》 | 1min | |
| | 二、變星 | 食變星的介紹 | 自編教材 | 1min | |
| | | 脈沖變星的介紹 | 投影片 | 2min | |
| | | 短片欣賞 | 《Chi Cygni expands》 | 1min | |
| | | 周光關係 | 圖片、 自編教材 | 5min | |
| | | 新星的介紹 | 圖片 | 4min | |
| | | 短片欣賞 | 《What Is A Supernova》和 《How the sun will die and what happens to earth》 | 4min | |
| | | 設問和解答 | | 1min | |
| | 總結和學生發問 | | | 3min | |

三、教學活動

| 第一節、天文常用的距離單位；第二節、恆星的概況（第一課時） | | | | |
|-------------------------------|--|----|-------|---|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) | |
| 1-1 | <p>貳、課前準備</p> <p>老師：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究教案內容，訂立課程目標。 2. 設計教學活動，準備課外資料。 3. 準備投影片、軟件和教具。 <p>學生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 學生已習得第五章的內容。 2. 預習第六章第一節的內容。 <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：上一堂已經講解的太陽其實是一粒普通不過的恆星，即是平時在天空中所看見的星星！為什麼其他星星看似太小？這是因為其他星星（恆星）的距離實在太遠了！恆星並非不動，只是因為離開我們實在太遠，不借助於特殊工具和方法，很難發現它們在天上的位置變化，因此古代人把它們認為是固定不動的星體，叫作恆星。今章將會主動介紹恆星！不過介紹之前先要了解天文學中的距離單位。</p> <p>第一節、天文常用的距離單位</p> <p>➤ 【光年的介紹】：在日常生活中，我們會使用公分、公尺、公里、英吋、英呎等等之長度單位來描述距離，例如：「兩兩排隊相距 50 公分」、「這裡到車站只有 500 公尺」、「澳門到湖南要 300 多公里」等。這些單位應用在地球上綽綽有餘的，但一旦用在宇宙中，數字可是如阿婆的裹腳布般，又臭又長。近幾年來，因為天文科學教育還算普及，一說到宇宙中的距離單位，大家多能馬上反應出「光年」，英文稱為 light year 的名詞。</p> <p>➤ 【設問】：大家想一想「光年」是什麼？（學生思考回答）</p> <p>➤ 【解答】：光年是距離單位！指光在真空中行進一年所走的距離。若要再追問這個名詞的定義，幾乎脫離不了以下幾種說法：「光一秒鐘繞地球七圈半」、「光速是一秒鐘 30 萬公里」等，在我解說天文的經驗發現，大多數國人講到這些定義是不帶感情與感覺的，也就是「光年」對大家來說，只是純粹的一個名詞而已。</p> <p>現在讓我們來重新認識「光年」這個單位吧！首先先從近距離開始說起。我曾經有介紹「月亮」是距離我們最近的天體，約有38萬公里之遙，還記得在美國的登月計畫中，阿波羅11、14、15號太空人各在月球表</p> | | 1 | |
| | | | | 1 |
| | | | | 2 |

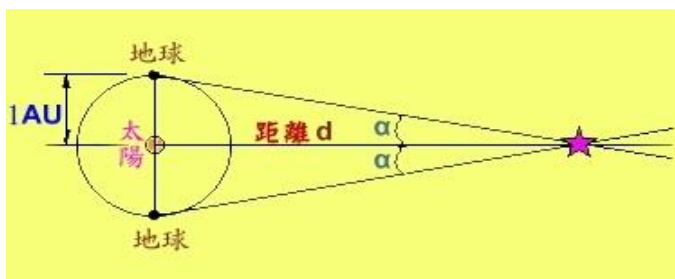
| | | | |
|-----|---|----|---|
| 1-2 | <p>面裝設了鏡子嗎？做為地球上雷射測距之用，來測量月球距離與其運動變化。雷射也是光的一種，從地球發射到月球來回不過2秒半左右的時間，也就是單趟不過1秒多，姑且稱之為1光秒多，但是這樣的距離，坐上像太空飛行器這樣地球上最快的交通工具到月球，也得花上個三天時間才能到達，能想像到有多快嗎？</p> <p>➤ 【天文單位介紹】：天文單位(AU)是天文學上的長度單位，相當於1.5億公里，大約是地球到太陽的平均距離。如果以日地平均距離作天文單位，數值會經常改善，雖然天文單位最初的來源是日地平均距離，但為了方便使用，在2012年8月，在中國北京舉行的國際天文學大會(IAU)第28屆全體會議上，天文學家以無記名投票的方式，把天文單位固定為149,597,870,700米（寫在黑板上）。新的天文單位以米來定義，設定一個永久數值，而米的定義來源於真空中的光速，也就是說，天文單位現在不再與地球、太陽或者兩者的距離掛鉤，而且也不再受時間變化的影響。</p> <p>以天體為例，月球距離地球0.0026天文單位；木星距離太陽5.2天文單位；冥王星距離太陽39.5天文單位！而恆星參宿四的平均直徑更加達到為2.5天文單位！1個天文單位得花光速跑8分多鐘的時間，也就是說，我們辛辛苦苦跑到海邊所看的日出景象，都只是太陽8分多鐘前的身影。這種說法，或許大多數的人很難接受，因為光在地球範圍內很難看出其移動的時間差，那麼我們再換一個例子說明。火星在較接近地球時——也就是太陽、地球、火星呈一直線，距離約為7800萬公里，是目前我們認為未來有可能移民的星球，這距離相當於4「光分」多，乘坐太空飛行器得要花上半年的時間才能到那兒。試想未來有一天當您的親戚朋友住在火星之時，您想要和他們通話或通訊息，用宇宙中目前已知最快的速度——光速——來傳遞。當電話接通時，您對著話筒說了一聲「喂」，這一聲可要花上4分多鐘才能傳到火星，而對方回了一句「找哪位」，再傳回到地球上，從這「喂」到聽到「找哪位」之間要等上8分多鐘的空白時間，這樣的對話可真是無趣呀！要是以國際電話費率來計價，那可花上了大把的鈔票在等待的時間上，更何況這得要以「星際電話」費率來計價呢！</p> <p>除了在太陽系內找尋人類可移民的星球、以及是否有生命存在的可能外，美國也在1970年代曾展開尋找太陽系外外星生物的行動。外星生命不可能生存在恆星上頭，因為恆星上的溫度太高，所有的化學元素都呈現電離的狀態，更別說是形成生命可能的碳水化合物了。然而要尋找系外行星又是難上加難，因為行星並不會發光發熱，地球上根本難以用肉眼或望遠鏡看到；行星也不會單獨存在，也要搭配恆星才有可能來滋養生命。要找行星說來複雜困難，我們就將它簡單化，假設我們搭乘太空飛行器要飛往距離太陽系最近的恆星好了，在春天夜晚南天的星空，有個半人馬星座，其主星南門二可是排名前五名的亮星，它有一顆伴星互繞，距離太陽系最近時只有4.2光年。</p> | 板書 | 4 |
|-----|---|----|---|



利用電腦軟件Stellarium展示南門二的位置

如果以現在的太空飛行器的飛行速度來說，在宇宙間達到每小時300萬公里算是相當快了。但是以這樣的速度飛到那附近，可要花上至少1500年以上的時間，若打個比方來說，相當於中國魏晉南北朝時代搭上航程的人，需繁衍約5000代以上的子子孫孫，在本世紀才能到達那顆恆星附近。想想看，這飛行器上得要載運多少氧氣、食物、甚至醫療器材、維修零件等等，而載送的人類還得涵蓋許多行業：包括科學家、農夫、醫生、工程師等等。所以再反過來想，您認為會有太陽系外的外星人來造訪地球的可能嗎？就算其科技已可使交通工具達到光速速度，那起碼也得花上4.2年以上的時間來到地球。只要試想您連續搭飛機20小時都是不怎麼舒服的事，那4.2年的時間可不知該如何熬的了。

- **【思考】**：先讓我介紹到這裡，同學們猜一猜人們是如何知道遙遠恆星的距離？我們該如何地量測「恆星與我們的距離」？
- **【三角視差法介紹】**：遠古時代，人們無法觀察到恆星間的運動和彼此間的距離，而有著各種的想像與傳說。近代，天文觀測學家將這些看似不動且自己會發光的「恆星」假想是鑲勘在一個不必論述半徑大小、且將我們所居的大地包含於核心的假想超大球面上，這個大球天文學家稱它為「天球」。較新近的量測，天文物理學者為了研究的方便，利用地形的「三點觀測」方法可叫精確地量測到離我們較近恆星間的距離。三角視差法是把被測的那個天體（如恆星）置於一個特大三角形的頂點，地球繞太陽公轉的軌道直徑的兩端是這個三角形的另外二個頂點，如圖



投影三角視差法示意圖

地球繞著太陽公轉，每經過6個月即抵達軌道上的相對位置，這時看見天體的方向與半年前看到的會出現微小的差異。相對於更遠方的恆星

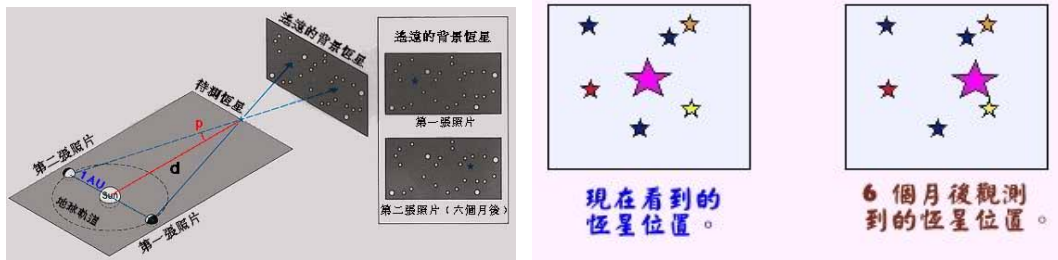
電腦
軟件

3

圖片

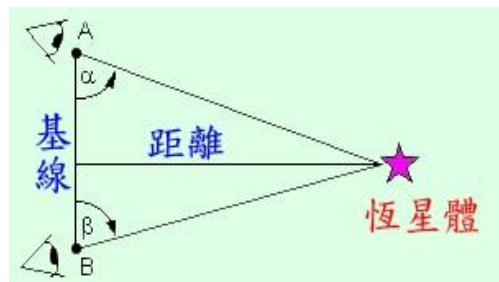
1-3

位置，明顯地可看出如下圖的變化。



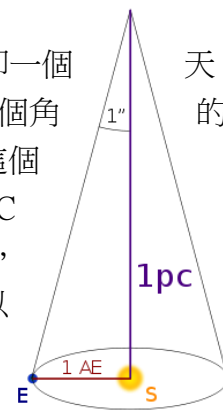
投影三角視差法示意圖

通過測量地球到那個天體的視角，再用到已知的地球繞太陽公轉軌道的直徑（基線可以是地球上遠距離的兩個觀測點，也可以是地球再繞行太陽公轉時所在的兩個遠距離位置。），依靠三角公式就能推算出那個天體到我們的距離了。因此，只要知道某恆星的視差，再用到已知的日地距離為軌道的直徑，依靠三角公式就能推算出那個天體到我們的距離了，這就是古代所使用的「三角視差法」。稍遠一點的天體我們無法用三角視差法測量它和地球之間的距離，因為在地球上再也不能精確地測定它們的視差了。所以適用的恆星距離通常在 300 光年內的恆星。



投影三角視差法示意圖

- **【秒差距的介紹】**：剛才以地球公轉軌道的平均半徑，即一個天文單位AU，為底邊所對應的三角形內角稱為視差。當這個角大小為1角秒時，這個三角形的一條邊的長度（地球到這個恆星的距離）就稱為1秒差距，簡稱1PC。我們可以把1PC定義為同心圓的半徑，而1角秒等於60分，60分等於1度，因此1度等於3600角秒，而360度等於360x3600角秒，所以周長可以代入為360x3600AU，根據圓周公式 $=2 \pi R$ （R即1PC），代入式子後： $360 \times 3600 \text{AU} = 2 \pi R$ ，算出R是206265AU，即3.26光年！（把以上計算過程寫在黑板上）。所以秒差距是天體的視差為一秒角的距離為1秒差距。如果天體視差就愈小，天體距離愈遠。用視差法測定恆星距離，有一定的局限性，因為恆星離我們愈遠，角度就愈小，實際觀測中很難測定。三角視差是一切天體距離測量的基礎，至今用這種方法測量了約10000多顆恆星。




板書

2

電腦
軟件

3

| | | | |
|------------|--|--|----------|
| <p>1-5</p> | <p>➤ 【學生活動】: 利用電腦軟件Stellarium設計遊戲比賽。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 利用Stellarium軟件，進行恆星比「遠」活動。 2. 每位同學分別三次機會，點出認為距離最遠的恆星，最遠者為至勝。 |  | <p>1</p> |
| <p>1-5</p> | <p>➤ 【設問】: 同學想一想人類已知的範圍內，宇宙有多大？（學生自由發表意見）</p> <p>➤ 【解答】: 目前的天文科技所能偵測到的宇宙範圍，大約是150億光年。在這範圍之外是什麼？目前科技無所得知。而在這之內，有上千億個銀河系，一個銀河系也約有上千億個恆星，我們地球只不過是太陽系內的一個小行星。在浩瀚的宇宙當中，是否其它地方也有外星生命的存在呢？如果有，會是在那兒？如果沒有，套一句電影「接觸未來」所說的：「那可是會很浪費空間的喔！」</p> <p>➤ 【短片欣賞】: 播放 Youtube《6分半鐘後，你會為這個宇宙的博大而震撼，非常精彩！》</p> | <p>短片</p> <p>4</p> | <p>4</p> |
| <p>2-1</p> | <p>第二節、恆星的概況</p> <p>一、恆星的命名</p> <p>➤ 【中國星命介紹】: 恆星泛指星體內部可自行進行核融合反應而穩定地發光、發熱的天體，太陽就是恆星，是離地球最近的恆星！因為全天體的恆星非常多，我們可以如何稱呼它們？因為中國和西方各自有自己的命名方法！</p> <p>在中國，每一顆恆星都要給它取一個獨特的名字，才能夠便於研究和識別。中國在戰國時代起已命名肉眼能辨別到的恆星或是以它所在星官（包括三垣以及二十八宿）命名，如天關星、北河二、心宿二等；或是根據傳說命名，例如織女星（織女一）、牛郎星（河鼓二）、老人星等，構成一個不嚴謹的獨立體系。同學還記得三垣二十八宿嗎？（同學回答：忘記／不忘記仍然補充）</p> <p>古人將天上的恆星分成「三垣二十八宿」，二十八宿又被分成四象，每象有七宿。三垣是靠近天頂附近的區域，四象是黃道附近的也就是四方的。再加上太陽、太陰（月亮）和金木水火土五個行星。這就組成了中國的星空觀。（以下用電腦軟件講解）</p> | <p>電腦軟件</p> <p>7</p> | <p>7</p> |

2-2



利用電腦軟件 Stellarium 開啟中國三垣二十八宿星宮展示並對比西方星空

中國古人很早就發現月球大約是27.3日走一周，黃道帶被分成二十八星宿，月球大約是一天走一個宿，就像一天住一個賓館，這樣便於記錄月球的位置。每七宿組成一象，共為四象，用動物來命名，它們分別是蒼龍、白虎、朱雀、玄武。與三垣的皇宮大臣對應，四象則象徵著四方臣民。四象分別是：（利用電腦軟件Stellarium模擬月亮經過二十八宿的過程，加深介紹四象）

東方蒼龍：角宿，亢宿，氐宿，房宿，心宿，尾宿，箕宿。

北方玄武：鬥宿，牛宿，女宿，虛宿，危宿，室宿，壁宿。

西方白虎：奎宿，婁宿，胃宿，昂宿，畢宿，觜宿，參宿。

南方朱雀：井宿，鬼宿，柳宿，星宿，張宿，翼宿，軫宿。

三垣星是圍繞著北極和比較靠近頭頂天空的星象，分為紫微、太微、天市三區，各區都有東西兩藩的星，圍成垣牆的樣子，所以稱垣。三垣被天文學家設立之初，似乎是以太陽東升的方向觀測星象的標準，首先仰觀天頂，把北極周圍廣泛的範圍定為紫微垣，自古紫微宮象徵大帝之坐，天子之主命之度。天市是天子率諸侯管理都市的意思，所以其星名也都以地方諸侯命名。這些星都是戰國時代的國名。也有的學者認為“市”意思是主國市交易的地方，微是政府的意思，所以星名都用官名。

- **【設問】**：利用電腦軟件展示下列中國有趣星宮並與西方星座對照，同學們猜猜其意思。（天棓星，勾陳星，五帝座，造父，河鼓星，天大將軍，大陵，天關，老人星）之後派發課外資料《古代中國星宮簡述》。同學可以對應文章中的星宮了解意思。
- **【拜耳命名法介紹】**：在西方，星座的設定是為了便於恒星的識別，國際天文聯合會定立八十八個星座。而命名法則會用拜耳命名法把恆星命名，它以一個希臘字母做前導，後面伴隨著星座名稱，例如雙子座 α ，即北河二，簡稱 α Gem。所有的星座統一採拉丁文名稱。又如大熊座座名 Ursa Major，以 UMa 簡稱之。在星座中的恆星依其亮度，以 24 個小寫的希臘字母來命名。如畢宿五命名為金牛座 α ，它的意思就是在金牛座排序為第一顆的恆星。因此大多數星座內最亮的恆星都是 α 星，其次第二亮星是 β ，第三是 γ ，如此類推……（學生打開教材 6-2 恆星概況的第一節表格）

2-3

4

自編
教材

2

| | | | | | |
|----|----------|---------|----------|----------|------------|
| 字母 | α | β | γ | δ | ϵ |
| 讀音 | Alpha | Beta | Gamma | Delta | Epsilon |

電腦
軟件

2

- **【學生活動】**：選兩位學生嘗試在電腦軟件中完成下列任務。
1. 分別找出獵戶座 (Ori) 的 α 、 β 、 γ 、 δ 、 ϵ 、 ζ 六星。
 2. 並把六星的位置分別畫在黑板上，並標其恆星名稱。
 3. 引導學生思考：是否所有星座的 α 星都是最亮？

利用電腦軟件 *Stellarium* 進行學生活動

3

- **【解答】**：拜耳有時並不是按恆星亮度命名，有時是按恆星先在東方升起的先命名也是拜耳採用的一種方法。北河二（雙子座 α ）和北河三（雙子座 β ）就是一個例子。雖然同屬雙子座的北河三比北河二明亮，但因為北河二先在東邊升起，所以是雙子座的 α 星。（利用電腦軟件展示北河二和北河三讓學生比較亮度）而另一個例子在天龍座中最明亮的恒星是天棊四（天龍座 γ ），但是右樞卻是天龍座的 α 星（利用電腦軟件展示天棊四和右樞讓學生比較亮度），大家還記得初時學過右樞在是歷史上曾是 4,000 年前的北極星。幾乎在歷史上曾是北極星的，包括織女星，都被拜耳選做所在星座的 α 星。所以，字母 α 總是被命名給星座內最明亮的恒星，而且經常有些例外。無論如何，這套命名法在今天依然被廣泛的使用。

1

- **【總結】**：認識恆星是非常有趣的，我們了解計算恆星距離的單位分別有天文單位、光年和秒差距，恆星離我們非常遙遠，古人發明了一套計算恆星距離的方法—三角視差法，這套方法是利用地球公轉其間，恆星在視場上會作出周年的位置變化，對應地球會產生一個視角，稱為視差，再利用簡單的三角函數就可以求出恆星距離！此法缺點是只適用於近距離的星體，若是太過遙遠，則視差角度過小而不易分辨。我們還認識中國和西方恆星命名的方法，中國星命一般都使用官位、工具、國名、武器、建築物等名稱，具有歷史地理色彩。而西方命名方法是按照恆星亮度各自分配希臘字母，具有一定科學意義。

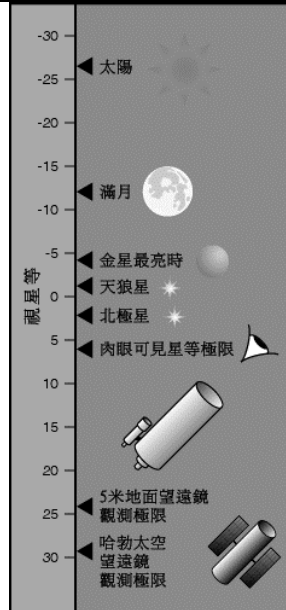
| 第二節、恆星的概況；赫羅圖（第二課時） | | | |
|---------------------|---|-----|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| | <p>壹、 課前準備</p> <p>老師：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究教案內容，訂立課程目標。 2. 設計教學活動，準備課外資料。 3. 準備投影片、軟件和教具。 <p>學生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 學生已習得第六章第一節的內容。 2. 預習第六章第二節的內容。 <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：當我們抬頭仰望星空時，天空的星星亮度並不是統一亮度的，有些較亮，一些較暗，就如春季大三角一樣，指春季有三粒星亮度非常醒目，包括五帝座一、大角星和角宿一等，然而有些恆星非常暗，用裸眼是難以觀察，必須使用望遠鏡才能觀看更暗的天體。同學在星座盤中有時會看見星星有大有小，大小代表星星的亮度，愈大愈亮，愈小愈暗。（展示星座盤教具）從星座盤中你們發展天上的星星亮度分多少等？（同學觀察後回答：6等）</p>  <p style="text-align: center;">展示教具星座盤，學生觀察後回答問題</p> | 星座盤 | 2 |
| 2-4 | <p>二、恆星的光度和亮度</p> <p>➤ 【恆星亮度介紹】：（以下利用星座盤講解）星星的亮度該怎麼計算呢？天文學家利用等級的方式來區分星星的亮度，在星座盤中我們常常也可以看到1等，2等星等說明。這個區分方法是由古代希臘的天文學家喜帕克斯所發明的。喜帕克斯將肉眼在天空中可以看到的星星分為六個等級，然後一一的給予星等，分為等級1到等級6。即是就明愈亮的星星等級愈小，愈暗的星星等級愈大。星空中最亮的星定為一等星，次亮的為二等星，肉眼幾乎快認不出來的，則定為6等星。隨著科學的進步，在後來的研究中發現，1等星剛好比6等星還要亮100倍，也就是說，每隔一個星等，星星的亮度就差2.5倍。舉個例子來說：舉個例子來說：一顆3等星的光量，是一顆4等星的2.5倍，或是一顆5</p> | 星座盤 | 4 |

| | | | |
|-----|--|-----|-------------|
| 2-5 | <p>等星的 6.25 倍。後來科學家們為了要更精確的表示星星的亮度，在星等中加入了小數點，用來區分兩顆等級接近的星星。例如織女星的亮度為 0 等，而五車二星的亮度為 0.1 等，可以分辨出織女星的亮度比較亮。後來又發現比 1 等星更亮的星體。例如天狼星的星等為-1.46。目前科技的極限，利用哈勃太空望遠鏡長期曝光，可觀測到 34 等星！</p> <p>➤ 【學生活動】:同學在星座盤說出有那些恆星亮度是比 1 等星還要亮？(利用星座盤找出答案)</p> <p>➤ 【恆星光度介紹】:我們把恆星發散出來的電磁波，在地球上單位時間內、單位面積上所接收到的，稱為「亮度」，又稱為「視亮度」，通常以「星等」來表示。但重點是在地球上看見的星星亮度，並不等於恆星本身的發光程度！亮度並不代表星星的發光程度，亮度僅能說明星星看起來的明暗程度，這與地球上吸收多少來自該星體放出的能量有關。而星星本身發出的電磁波輻射總量，我們則稱之為「光度」，是指發光強度，即恆星發散出的電磁波總量，恆星的表面積愈大或表面溫度愈高，則光度愈大。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 使用手電筒作為亮度和光度的比喻： 2. 如果拿手電筒來做比喻的話，六等星是一枝手電筒的亮度，一等星則是100枝手電筒聚集起來的亮度。(展示教具手電筒) 3. 如果有兩枝手電筒，光度是一樣的，但當一支較遠一支較近時，兩支手電筒看上來一支較暗一支較亮，這就是亮度了。(展示教具手電筒並作示範) <p>三、恆星的視星等和絕對星等</p> <p>➤ 【視星等介紹】:正因為恆星的亮度會受距離影響，因此產生兩個不同的星等，一種是視星等，另一種是絕對星等。</p> <p>視星等在剛才已經有講，天上的星星有亮有暗，看過的都知道。既然看起來亮度不同，人們就嘗試將這些星星的亮度作分級。為了考察星體的目視亮度，把最亮的星做為 1 等星，肉眼剛能看見的做為 6 等星，這就是視星等。以星等來作為等級單位，所以出現了 1 等星、3 等星等名稱，星等數愈小的，代表亮度愈大。</p> <p>牛郎星是 1 等星。而織女星比牛郎星還亮些，定為 0 等。比 0 等星還亮的為-1 等、-2 等，等等。同學是否知道全天空中，除了太陽之外哪一粒恆星看起來最亮？(學生自由回答)全天恒星中最亮的天狼星，它的星等為-1.6 等。利用電腦軟件 Stellarium 展示天狼星，並讓學生觀察螢幕並說出以下問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 天狼星的視星等多少？-1.6 2. 天狼星的西方名稱是什麼？α CMa 3. 天狼星距離地球多遠？8.6 光年 4. 天狼星是哪一季節星座？冬季 | 手電筒 | 2 2 5 |
|-----|--|-----|-------------|



利用電腦軟件 Stellarium 展示天狼星

另一方面，比 6 等星更暗的星，則是 7 等、8 等、9 等。它們就得用望遠鏡來觀察了。望遠鏡的物鏡口徑越大，就能觀察到越暗的星。比如我們將大於 1.5 等的星歸於「1 等星」，將 1.6~2.4 等的作為「2 等星」，將 2.5~3.4 等的作為「3 等星」，依此類推可以得到其它星等的範圍。打開教材 6-2，第三節右圖，太陽視星等是多少？滿月視星等又是多少？（太陽為-26.7 等，滿月為-12.8 等。）



- **【設問】**：同學們，你們認為數星星能否數得盡？（學生思考回答：能）
- **【解答】**：因為視星等是人們從地球上觀察星體亮度的度量，它實際上只相當於光學中的照度；因為不同恒星與地球的距離不同，所以視星等並不能指示出恒星本身的發光強度。如果我們在晴朗且沒有月亮的夜晚，用肉眼能夠觀測到的星星大約有 3000 顆，整個天球能被肉眼看到的星星大約有 6000 顆！
- **【絕對星等介紹】**：在天文學上，絕對星等是指把天體放在指定的與地距離時天體所呈現出的視星等。此方法可把天體的光度在不受不同距離的影響下，作出客觀的比較。

只有從相同距離觀察一個恒星得到的亮度，才能確定它自身的發光強度，並用來與其他星體進行比較。我們把從距離星體 10 個秒差距（即 32.6 光年）的地方看到的視星等，叫做該星體的絕對星等。按照這個度量方法，牛郎星為 2.19 等，織女星為 0.5 等，天狼星為 1.43 等，太陽為 4.8 等！打開教材 6-2，第三節下表：澳門地區四季星空前十顆主要亮星。

| 排名 | 中國星名 | 西洋星名 | 視星等 | 絕對星等 | 距離(光年) |
|----|------|---------------|-------|-------|--------|
| 1 | 天狼星 | 大犬座 α | -1.46 | 1.42 | 8.65 |
| 2 | 老人星 | 船底座 α | -0.72 | -2.4 | 71 |
| 3 | 南門二 | 半人馬座 α | -0.01 | 4.35 | 4.39 |
| 4 | 大角星 | 牧大座 α | -0.04 | -0.24 | 35 |
| 5 | 織女星 | 天琴座 α | 0.03 | 0.50 | 26 |
| 6 | 五車二 | 御夫座 α | 0.08 | 0.09 | 44 |
| 7 | 參宿七 | 獵戶座 β | 0.12 | -7.1 | 910 |
| 8 | 南河三 | 小犬座 α | 0.38 | 2.64 | 11.4 |
| 9 | 參宿四 | 獵戶座 α | 0.50 | -5.6 | 540 |

經過計算後，本身視星等級極亮的恆星如天狼星，原來其真實的光度只

自編
教材

1

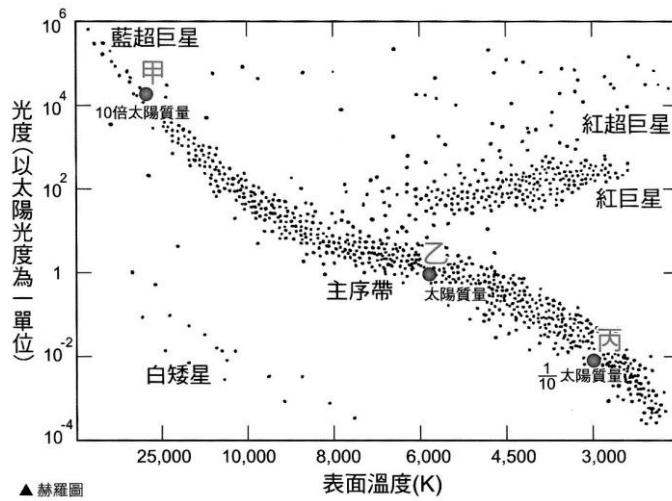
3

自編
教材

| 2-7 | <p>有 1.42，原先看起來比參宿七要亮，當在同一位置比較時，參宿七比天狼星還要亮百幾倍！因為恆星絕對星等的級數是與離地球距離有關，這就意味著，如果我們能夠知道一顆恆星的視星等和絕對星等，那麼我們就可以計算出它的距離！現時很多科學家是以這種方法測量恆星距離！</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|----------|----------|---------|---------|---|---|------|----------|----------|----------|---------|---------|----|----|-----|----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|--|--|
| 2-6 | <p>四、恆星的光譜</p> <p>➤ 【恆星光譜介紹】：當我們仰望天空時，除了星星有暗有明之外，星星是有顏色的！（利用電腦軟件 Stellarium 展示天空中各恆星的顏色，並讓同學說出有哪幾種顏色，思考為何星星會有顏色—3 分鐘）</p> <p>恆星產生顏色是與恆星本身的光譜有關的！星光經過光譜儀的分光，可拍攝得恆星的光譜。就像百貨公司商品上的條碼一樣，恆星的光譜可以告訴我們有關恆星的資訊。每粒恆星的光譜差異極大。恆星的光譜主要取決於恆星的物理性質和化學組成。因此，恆星光譜類型的差異反映了恆星性質的差異！最常用的恆星光譜分類系統是美國哈佛大學天文臺於 19 世紀末提出的，稱為哈佛系統。按照這個系統，由高溫到低溫，天體的光譜型可分為 O、B、A、F、G、K、M 七型。即是就如果恆星類型是 O 型則溫度最高，M 型則溫度最低，有一種速記法可以把七種類型熟記：Oh, Be A Fine Girl/Guy. Kiss Me。太陽屬於 G 型，溫度屬於中等。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-8 | <p>➤ 【恆星顏色和溫度介紹】：恆星的光譜其實與顏色也有關係！即藍色的“O”型、藍白色的“B”型、白色的“A”型、黃白色的“F”型、黃色的“G”型、橙色的“K”型、紅色的“M”型等主要類型。實際上這是一個恆星表面溫度序列，從數萬度的 O 型到 2-3 千度的 M 型。即我們可以從恆星的顏色就知道其溫度！如 O 型星溫度最高，約 40000K；M 型星最低，約 3000K。打開教材 6-2，第五節下表。</p> | 電腦軟件 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1" data-bbox="204 1296 1254 1491"> <thead> <tr> <th>類型</th> <th>O</th> <th>B</th> <th>A</th> <th>F</th> <th>G</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>表面溫度</td> <td>30,000°K</td> <td>20,000°K</td> <td>10,000°K</td> <td>7,500°K</td> <td>6,000°K</td> </tr> <tr> <td>顏色</td> <td>藍色</td> <td>藍白色</td> <td>白色</td> <td>黃白色</td> <td>黃色</td> </tr> <tr> <td>代表</td> <td>參宿一</td> <td>參宿七</td> <td>天狼星</td> <td>老人星</td> <td>太陽</td> </tr> </tbody> </table> | 類型 | O | B | A | F | G | 表面溫度 | 30,000°K | 20,000°K | 10,000°K | 7,500°K | 6,000°K | 顏色 | 藍色 | 藍白色 | 白色 | 黃白色 | 黃色 | 代表 | 參宿一 | 參宿七 | 天狼星 | 老人星 | 太陽 | | |
| 類型 | O | B | A | F | G | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 表面溫度 | 30,000°K | 20,000°K | 10,000°K | 7,500°K | 6,000°K | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 顏色 | 藍色 | 藍白色 | 白色 | 黃白色 | 黃色 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 代表 | 參宿一 | 參宿七 | 天狼星 | 老人星 | 太陽 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-9 | <p>➤ 【學生活動】：利用電腦軟件 Stellarium 模擬星空並點出幾粒恆星：</p> <ol style="list-style-type: none"> 說出該恆星的顏色。 說出該恆星大約的溫度。 <p>表面溫度高的星體，光譜強度會出現在較短波之處，藍光較多而紅光較少，所以看起來會偏藍色。而表面溫度較低的星體，可見光波段中以紅光相對最多，所以看起來偏紅色。</p> <p>第三節、恆星的演化</p> <p>一、赫羅圖</p> | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <p>➤ 【赫羅圖介紹】：我們知道恆星的光度和溫度是有關係的，光度愈高，顏色愈藍，溫度愈高；光度愈低，顏色愈紅，溫度愈低。科學家把全天空的恆星畫成光度—溫度圖，發現大多數恆星分佈在圖中左上方至右下方的一條狹長</p> | 自編教材 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2-10

帶內，從高溫到低溫的恆星形成一個明顯的序列，稱為「主星序」這種稱為赫羅圖。（打開教材 6-3，第一節下圖）為了要繪製赫羅圖，天文學家勘測了一部分的夜空，並把每顆恆星的光度與溫度關係畫出來，繪成一張圖。



2

電腦
軟件

3-1

該圖顯示出恆星的光度和表面溫度隨時間變化的情形，橫坐標是恆星的光譜型，按照 O、B、A、F、C、G、K、M 順序排列，是恆星的溫度序列。縱坐標是絕對星等，即恆星光度。從上表可以清楚知道

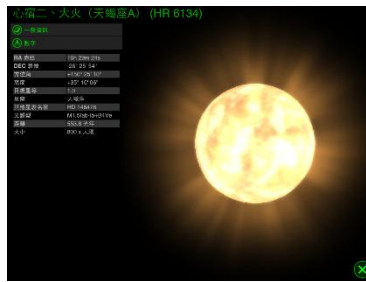
銀河系中 90% 以上的恆星都分佈在從左上到右下的這一條帶子上。這個帶上的恆星，有效溫度愈高的，光度就愈大。這些星被稱為主序星。我們熟悉的太陽、牛郎、織女等都是主序星。例如圖中左上角甲：指恆星質量大，表面溫度高，光度高，但壽命較短。右下方丙：指恆星質量小，表面溫度低，光度低，但壽命較長。所以織女星、天狼星這些藍色恆星，生命都非常短暫，因為它太高溫，燃燒氫氣太快了！而太陽則位於中間。

圖片

3-2 (利用 IPAD Star walk 展示織女星、天狼星、參宿一、太陽)

第二個區域在主星序右上方：這些恆星的溫度和某些主序星的一樣，但光度卻高得多，因此稱之為巨星或超巨星。如北極星（小熊座 α ）、大角（牧夫座 α ）屬於巨星，心宿二（天蠍座 α ）則為著名的超紅巨星。因為它面積較大，所以亮度會較高，但表面溫度卻低，光偏紅色，壽命非常長，故稱為紅巨星。

(利用 IPAD Star walk 展示參宿四、心宿二)



利用 IPAD Star walk 展示參宿四、心宿二、織女星、天狼星、參宿一

第三個區域在主星序左下方：是一些溫度高而光度低白矮星。雖然它溫

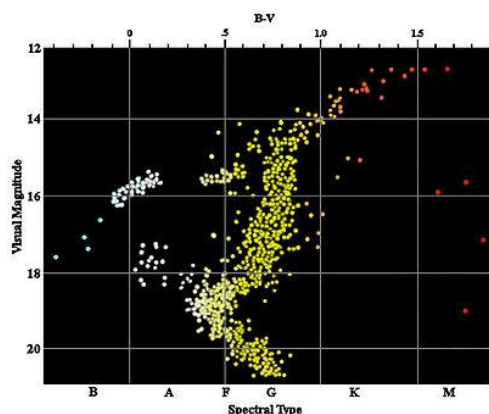
9

度高，但表面積太小所以亮度不高，光偏藍白色，故稱為白矮星。如天狼 B（即天狼星的伴星）就是最亮的白矮星。

赫羅圖可顯示恒星的演化過程，大約 90% 的恒星位於赫羅圖左上角至右下角的帶狀上。形成恒星的分子雲是位於圖中極右的區域，但隨著分子雲開始收縮，其溫度開始上升，會慢慢移向主序帶。恒星臨終時會離開主序帶，首先恒星會往右上方移動，這裡是紅巨星及紅超巨星的區域，都是表面溫度低而光度高的恒星。經過紅巨星但未發生超新星爆炸的恒星會越過主序帶移向左下方，這裡是表面溫度高而光度低的區域，是白矮星的所在區域。

➤ **【深入】**：投影 M80 星團赫羅圖和 M80 照片，從圖中判斷下列問題。

1. 請在圖中那一部份溫度較高？那一部份溫度較低？
2. 指出主序星的位置。
3. 請說出右上角的恆星演化階段。（紅巨星）
4. 請解釋 M80 星團正在如何發展？（主序星變小，年齡到達尾升，準備步入紅巨星階段，因此所有溫度較高的恆星皆向赫羅圖右上方移動，因此說明 M80 年齡較老）。



投影展示 M80 照片和 M80 赫羅圖

➤ **【總結】**：今堂我們了解到恆星的可分為兩種亮度等級，一種是視星等，表示在地球上肉眼看見恆星的亮度，假設恆星光不變情況下，距離愈遠的恆星視星等愈大，距離愈遠的恆星視星等愈小，初時只分 6 級，但隨時代變遷，等級甚至有負數和小數點。但視星等並不能看出恆星本身的發光能力，因此就有絕對星等的概念，是納入恆星距離考慮，是把所有恆星放在同一距離上比較恆星的光度。所以很多科學家測量到恆星的視星等和絕對星等後，就可以知道距離了。從恆星的溫度和顏色我們又可以畫出兩者關係圖－赫羅圖，從圖中我們可以看出恆星的演化階段，溫度、顏色、光度三者間的關係，下一堂我們將探討恆星的演化。

IPAD

3

圖片

3-3

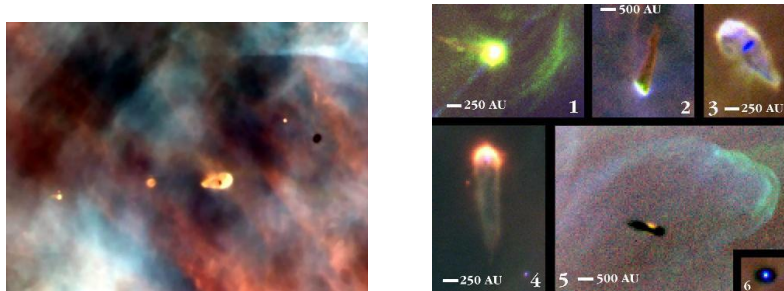
3-4

1

| 第三節、恆星的演化（第三課時） | | | |
|-----------------|--|----|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究教案內容，訂立課程目標。 2. 設計教學活動，準備課外資料。 3. 準備投影片、軟件和教具。 <p>學生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 學生已習得第六章第二節的內容。 2. 預習第六章第三節恆星演化的內容。 <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：上堂我們已經基本上認識了赫羅圖的概念，也清楚知道顏色偏藍色的恆星溫度較高，燃燒速度快，壽命較短；相反顏色偏紅色的恆星溫度較低，燃燒速度慢，壽命較長，因為恆星的顏色、溫度彼此間有關係的。今堂我們將會進一步介紹恆星的演化，不同質量的恆星結果會如何，恆星如何誕生等問題。在赫羅圖開始發展之後，天文學家馬上了解到，這對於解釋恆星的演化有很重要的意義。就像生物一樣，恆星也有出生、衰老和死亡。由於有 90%的恆星都位於主序星的範圍，因此我們可以相當確定恆星活躍的大部分時間都是類主序星。同星學還記得太陽屬於什麼類的恆星嗎？（同學回答：主序星中的 G 型恆產星）</p> <p>二、恆星的演化</p> <p>➤ 【原恆星的介紹】：如果想要描述一顆星如何誕生、衰老、然後死亡，這似乎有點不知天高地厚，畢竟很多天體的壽命都超過數十億年。然而藉由研究不同年齡的恆星是在它們生命週期中的哪個階段，天文學家已經慢慢拼湊出一個十分合理的演化模型。</p> <p>最簡單的觀念是恆星生命的每個階段都由重力來支配。在稀薄雲氣中不同粒子之間的重力吸引，會足以讓雲氣塌縮；當雲氣被擠壓到難以想像的高壓時，溫度就會上升，最後點燃內部的核融合反應，一顆恆星就此誕生。恆星是一球高溫的氣體，它處於兩相對峙的力而維持平衡，一是試圖收縮的重力，另一則是試圖擴張的熱核能。到最後，恆星的所有核燃料終將燒盡，重力因而主導了恆星，讓它的殘骸繼續塌縮成一顆更小，更緊密的天體。</p> <p>恆星的出生地是黑暗、寒冷的星際雲氣，其中富含塵埃與氣體。在銀河中，這些氣體雲有 92%是氫氣，7%是氦氣，還有不到 1%是其他較重的元素。一般認為啟動恆星形成的機制，是鄰近的一個毀滅性大爆炸所</p> | | 2 |
| 3-5 | | 圖片 | 7 |

產生的衝擊波。無論是哪個力開始發生作用，一旦這個過程開始，粒子間相互的重力吸引會讓雲氣較密的地方更易收縮，把每個粒子都拉向中心。在雲氣收縮時，重力位能會轉換成為動能和熱能，讓收縮的氣體溫度逐漸升高。

一開始的收縮大約需要 100 萬年的時間，隨著時間過去，氣體的溫度會緩慢而持續升高，最後達到足以使表面輻射出紅光的溫度，此時這顆紅色的大天體溫度還沒有熱到足以點燃內部的核融合反應，所以還不算恆星，這樣的天體我們稱之為原恆星。



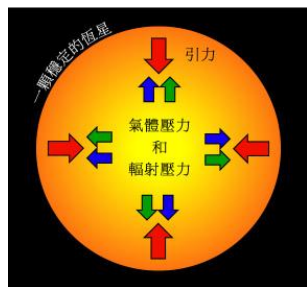
投影展示原恆星誕生的星際雲

在原恆星階段，重力收縮持續進行，剛開始比較慢，後來愈來愈快。這樣的塌縮使得核心發展出一顆恆星，溫度比外圍周圍還要高，同時也還要緊密。一旦核心達到絕對溫度 1000 萬 K，壓力也會大到足以讓 4 個鄰近的氫核融合在一起成為一個氦核，天文學家稱這樣的核融合反應為氫燃燒，因為會釋放出巨大的能量。請注意這種熱核的燃燒與一般化學所謂的木頭、煤碳燃燒出火焰並不相同。

氫的核融合反應所釋放的大量熱能，會讓恆星內部的氣體運動非常活躍，造成內部的氣壓升高，等待時機一到，持續活躍的原子運動會形成一股向外擴張的壓力，剛好與往內收縮的重力互相對抗，一旦兩相平衡，一顆穩定的主序星就此誕生。換句話說，主序星是一顆內部有兩種力達到平衡的天體，一種是試圖把恆星盡可能縮小的重力，另一種則是內部氫燃燒所產生的熱氣壓。

在一顆恆星形成初期，引力是演化的主導力量，令恆星不斷收縮。隨著恆星不斷收縮，核心氣體的溫度及密度亦不斷上升，直至燃點起熱核反應，所產生的能量會造成兩種向外的壓力，對抗向內的萬有引力。最後向內的引力和向外壓力會達致平衡，讓恆星可以長時間保持穩定。無庸多言，就是因為太陽能長期穩定地發出光和熱，地球上的生物才能生生不息，不斷茁壯成長。

第一種向外壓力是恆星物質所造成的氣體壓力，溫度越高、物質越多，氣體壓力便越大。第二種向外壓力是光子所造成的輻射壓力，這種壓力亦會隨溫度上升。無論是哪一種壓力，力量都源自太陽核心所產生的能量，一旦核心的核聚變停止，恆星便會開始塌縮。



投影原恆星形成圖

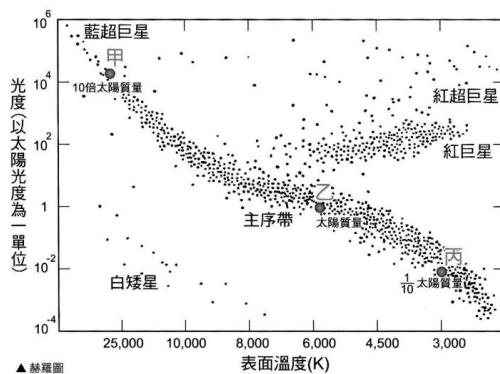
3-6

➤ **【主序星階段介紹】**：在主序星階段，恆星的體積大小與能量釋放的速率都不大會改變。氫氣不斷的轉換為氦氣，所釋放出的能量讓內部氣壓高到足以抗衡重力塌縮。那麼恆星這樣的平衡關係可以維持多久呢？熾熱、質量巨大的藍色恆星，會以飛快的速率輻射能量，只消幾百萬年就會燃盡核心的氫燃料，快速的來到主序星的末期。相反的，嬌小的紅色主序星則要花個幾千億年，才會燒完核心內部的氫，感覺像是與宇宙同壽。我們太陽是介於這兩極端之間的黃色恆星，在主序星階段享壽約 100 愈年，才會耗盡核心可燃燒的氫燃料。因為太陽系目前已經 50 億歲了，所以太陽還可以再維持 50 億年穩定的主序星狀態。

自編教材

4

恆星的一生有 90% 的時間是處在氫燃燒的主序星階段，但恆星核心的氫燃燒耗盡，它將會快速演化、走向死亡。除了質量最小的恆星以外，當另一種核反應被引發，而恆星變成紅巨星之後，恆星的末日會延遲一點才到來。（打開教材 6-3，第一節下圖）



把教材中的赫羅圖投影講解

3-7

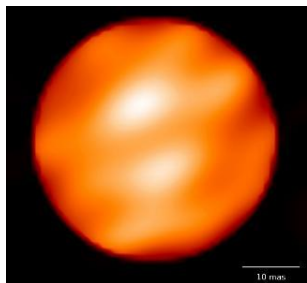
➤ **【紅巨星介紹】**：恆星內部的可用氫燃料已燒盡時，恆星的演化就到了紅巨星的階段，留下了富含氦氣的核心。雖然氫融合反應仍然持續在恆星外層作用，但核心已經不會發生任何融合反應了，因此一旦核心缺少了能量來源，就無法產生足夠的氣壓，來支持它抵擋向內的重力，結果，核心開始收縮。

圖片

6

恆星內部的塌縮，讓重力位能轉換為熱，造成溫度快速升高，有些

能量會往外輻射，讓外層的氫融合更旺盛。氫燃燒加速作用所產生的額外能量，會讓恆星的外層氣體升溫，並大幅擴張，結果變成一顆擴張的紅巨星，此時恆星會成為原本主序星大小的數百倍，甚至偶爾擴張到數千倍。例如參宿四。



投影參宿四紅巨星照片

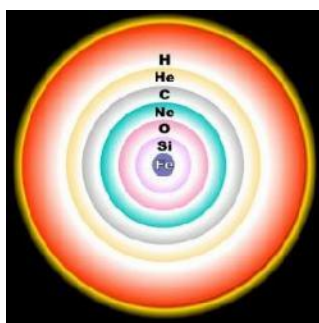
當恆星擴張時，表面會冷卻，溫度相對低的物體會輻射出較多長波長型的能量，因此可以解釋為何這樣的恆星呈現紅色。最後恆星的重力會阻止它向外層擴張，重力與氣壓這兩股相反方向的力又會再度取得平衡，恆星得以進入一個相對穩定的狀態，只有體積增大很多。有些紅巨星擴張得有點過頭，超過它的平衡點，因此會像過度拉伸的彈簧一樣反彈點來，這樣的恆星會持續擴張、收縮，卻永遠無法達到平衡狀態，於是成為變星。（這部分內容會再日後章節講解）

當紅巨星的外層擴張，而核心持續收縮時，內部的溫度最後可達到 1 億度。在如此驚人的高溫中，核心會熾熱到啟動另一種核反應，也就是 3 個氦融合一個碳，在此時刻，紅巨星會同時燃燒氫與氦來產生能量。如果恆星的質量大於太陽，則還可能引發其他的熱核反應，結果是生成了鐵之前的各個元素。若要經由核反應來產生比鐵還要重的元素，則需要另外的能量來源。

最後，恆星內部所有可用的核燃料都將消耗殆盡，如果以太陽為例，它身為巨星的時間將不到 10 億年，至於質量比太陽更大的恆星將會更快速的度過此階段。一旦燃料用盡，重力會把恆星擠壓成非常小、盡可能緻密的物質。

3-8

- **【設問】**：從圖中紅巨星生產了哪幾種元素？（學生看圖回答）
- **【解答】**：鐵、矽、氧、納、碳、氦、氫。

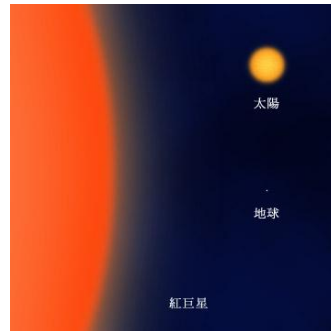
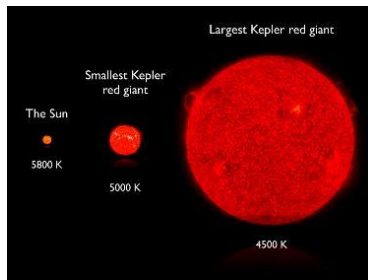


投影紅巨星內部元素結構

3

圖片

- **【設問】**：同學嘗試在圖中比較紅巨星和太陽有何不同？（學生思考回答）
- **【解答】**：紅巨星體積較大、溫度較低、較紅色、由多種元素產生核融合。



投影紅巨星和太陽的比較圖

- **【恆星末期介紹】**：紅巨星階段之後又發生了什麼事？我們知道一顆恆星，無論其多大多小，最終內部可燒的核燃料必定會有耗盡的一天，此時會因為本身巨大的重力場而塌陷。因為恆星的重力與它的質量有關，所以低質量的恆星會比高質量恆星有著更多元的命運。請把這點記在心里，因為接下來我們將要根據三類不同質量的恆星，來探討恆星的生命末期。

3-9

- **【低質量恆星的死亡介紹】**：恆星的質量如果比太陽的一半（0.5 個太陽質量）還來得小，它消耗燃料的速率會相當緩慢，因此這些小體積的冷紅星會在主序星階段待上 1000 億年以上。因為低質量恆星的內部絕對無法達到足夠的高溫和高壓，來點燃氦融合，所以其能量來源僅有氫核融合。因此，低質量的恆星不會演化成擴張的紅巨星，更確切的說，它會在穩定的主星階段停留很久，直到耗盡可用的氫燃料，並塌縮成一顆炙熱、緊密的白矮星為止。如同你所看到的，白矮星是一顆很小並緻密的天體，不足以提供氫燃燒反應。



投影白矮星照片

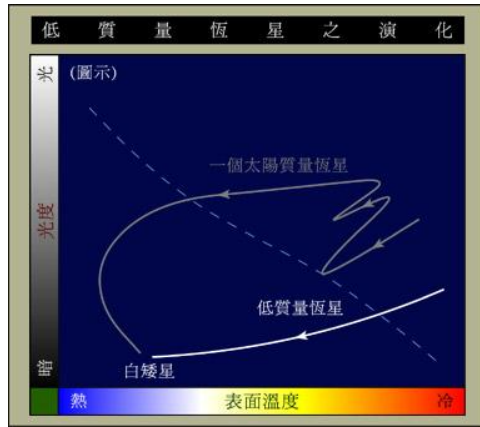
2
圖片

2

IPAD

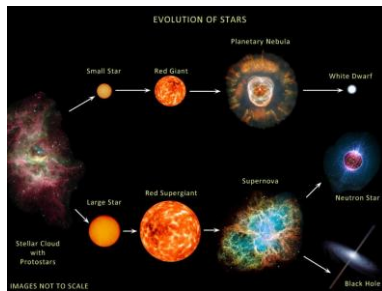
圖片

3-10



投影低質量恆星演化的赫羅圖

- **【中質量恆星的死亡介紹】:**(與太陽相似)所有質量介於 0.5 到 8 個太陽質量的主序星，演化過程基本上都是相同的。在它們的巨星階段，類太陽恆星會加速燃燒內部的氫燃料與氦燃料，一旦這些燃料耗盡，此類恆星會塌縮成地球般大小的高密度天體－白矮星。重力位能施加在塌縮的白矮星上，讓它的表面具有高熱溫度，因此呈現白色。然而，因為已經沒有核融合的能量來源，且隨著持續輻射熱能到太空中，白矮星會變得愈來愈冷、愈來愈暗。如圖



投影中等恆星演化階段圖

正如圖中所示，中等質量恆星如太陽將會變成紅巨星，在從紅巨星塌縮成白矮星的過程中，天文學家相信，中質量的恆星會推開它的外層大氣，而產生一個向外擴張的球形雲氣，中間殘留的炙熱白矮星會加熱這團球形雲氣，使其發光。這種壯麗的、閃爍的球形雲氣，稱為「行星狀星雲」。目前的宇宙中有一個非常曲型的行星狀星雲。目前的宇宙中有一個非常典型的行星狀星雲，就是寶瓶座的螺旋星雲。同學們覺得這個圖案像什麼？

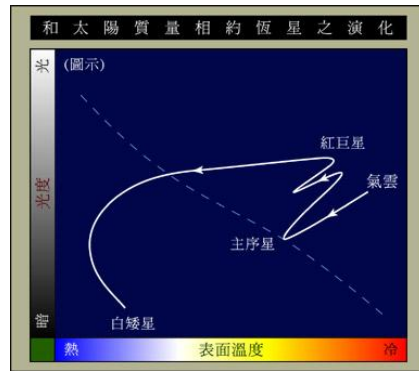
圖片



投影螺旋星雲圖

4

3-11



投影中等質量恆星演化的赫羅圖

- **【大質量恆星的死亡介紹】**：相對於類太陽的恆星不怎樣劇烈死亡，質量大於 8 倍太陽質量的恆星，壽命較為短暫，並且是以一場燦爛的「超新星爆炸」終結其生命。在超新星爆炸事件中，它的亮度會突然提高成先前階段的百萬倍；假設地球附近有顆恆星發生了這樣的爆發，那麼爆炸的亮度會超過太陽。

很幸運的，超新星爆炸很少出現，儘管第谷與克卜勒分別都記錄到這樣的爆炸事件，但從發明望遠鏡以來，我們都還沒有在銀河系中看過。更早的紀錄則是西元 1054 年中國宋史的記錄，直到今日，我們仍可看到其爆炸殘骸所形成的蟹狀星雲。



投影蟹狀星雲照片

超新星事件很有可能是因為大質量恆星耗盡內部大多數核燃料之後引發的，因為缺乏持續的熱源供應來產生足夠氣壓，好抗衡巨大的重力場，所以導致恆星塌縮。這種內爆非常慘烈，會產生一股由恆星內部向外的衝擊波，威力強大，把恆星的外層炸開到太陽。

理論上預測，在超新星的爆炸的過程中，恆星內部會收縮成一顆非常熱的天體，直徑可能不會超過 20 公里。這個令人匪夷所思的緻密天體，稱為中子星。天文學家認為，有些超新星事件會製造出更小、更令人迷惑的天體－黑洞。這個部分有機會會再向同學介紹吧！

- **【中子星介紹】**：假若在超新星爆發後，剩餘核心質量介乎太陽質量的 1.4 至 3 倍，那麼核心中的電子簡併壓力便再不足以抵抗強大的引力，恆星會進一步收縮，直至電子亦被擠壓至原子核內，和質子結合成為中子，

4

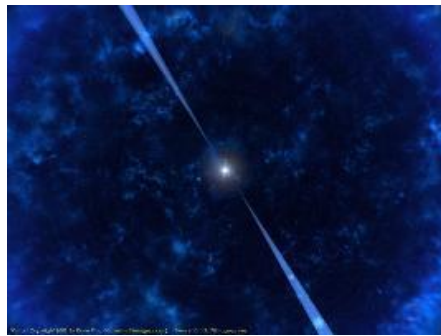
圖片

3-12

2

一顆中子星便在宇宙中誕生。中子星中 95-99%的成分是中子，但仍有少量的質子和電子。一般半徑約為 8 至 16 公里，和香港島的大小差不多。由於引力場實在太強大，任何山脈高山皆會被引力蕩平，所以中子星的表面十分光滑。

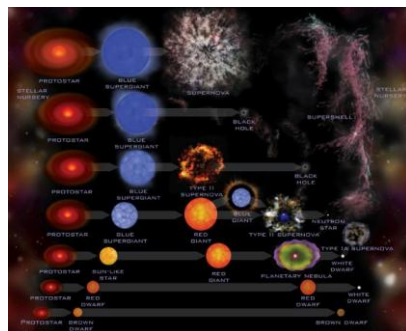
中子星另一個非常重要的特性是它擁有極強的磁場，可以比地球磁場強 10^8 至 10^{15} 倍。當電子以螺旋軌道繞著磁力線移動，便會沿著兩個磁極向外發射出無線電波。通常恆星的自轉軸和磁軸並不一致，中子星亦不例外，所以沿著磁軸向外發射的無線電波束，在中子星自轉的帶動下，便會如燈塔般向宇宙掃射，這便是著名的燈塔效應。當地球位於這些宇宙「燈塔」掃過的範圍，便會收到極端規律的無線電波訊號，這便是脈沖星，在蟹狀星雲中心便有一顆。



投影展示脈沖星照片

- **【短片】**：播放 Youtube 《Pulsar Sounds》
- **【總結】**：學生打開教材 6-2 的下表。

| 質量 | 演化前期 | 演化中期 | 演化末期 |
|----------|------|-------|--------|
| 大質量恆星（甲） | 紅超巨星 | 超新星爆炸 | 中子星或黑洞 |
| 與太陽相同（乙） | 紅巨星 | 行星狀星雲 | 白矮星 |
| 小質量恆星（丙） | 棕矮星 | | 黑矮星 |



投影各質量恆星演化圖作為重點整理

2
2

圖片

| 第四節、恆星的多樣性（第四課時） | | | |
|------------------|--|----|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| 4-1 | <p>壹、課前準備</p> <p>老師：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究教案內容，訂立課程目標。 2. 設計教學活動，準備課外資料。 3. 準備投影片、軟件和教具。 <p>學生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 學生已習得第六章第二節的內容。 2. 預習第六章第三節恆星演化的內容。 <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：恆星在宇宙中是最主要的天體，存在形式多樣。人們分類體系不同，恆星名稱也不一樣。依據恆星之間的相互關係可分為：單星（孤星）、雙星、三星、聚星、星團、星協等；依據赫羅圖上的恆星特點可分為：主序星、紅巨星、超巨星、白矮星等；依穩定程度可分為：穩定恆星（如：目前的太陽）和不穩定恆星（如：變星、新星、超新星等）和依特殊性質分為普通恆星和特殊恆星（如：緻密星包括中子星、脈衝星、黑洞等）。所以恆星是多種多樣！恆星與恆星之間其實彼此互有關係。因此種類實在太多，今堂只介紹宇宙中數量最多的「雙星」和「變星」。</p> <p>第四節、恆星的多樣性</p> <p>一、雙星</p> <p>當兩顆恆星由地球上觀察時，在視線的方向上非常接近，以致僅以肉眼看起來像是只有一顆恆星，但使用望遠鏡時就能分辨出來不是單獨的恆星，像這樣的恆星就稱為雙星。雙星有兩種不同的類型：光學雙星和聯星（又稱物理雙星）。</p> <p>➤ 【光學雙星的介紹】：光學雙星，又稱視雙星或假雙星，是指觀測距離很近，但之間沒有物理聯繫的雙星。光學雙星中的兩顆星只是方位角接近，實際二者之間的距離很遠，並無明顯的相互作用，也不互相繞轉。因此光學雙星並不是真正的雙星。大家還記得北斗七星嗎？北斗七星也許是夜空中最著名的一群星。天樞、天璇、天璣與天權為魁，玉衡、開陽與搖光為杓，合成為斗。開陽實際應稱為開陽雙星，主星為 2.4 等星而輔星為 3.9 等星，兩星相隔 307 秒角，開陽雙星為光學雙星，實際上並不受重力束縛相互繞行。</p> | | 1 |
| | | | 電腦軟件 |



利用電腦軟件 *Stellarium* 展示開陽雙星的主星和輔星

視力正常的人可以在開陽的正東方看見一顆稱為輔的伴星。輔的視星等為 3.99 等。這兩顆星曾被稱為馬和騎士，而傳統上以第二顆星來做視力的測量。

- 4-2
- **【聯星的介紹】**：如果兩顆星不僅看起來在同方向上，兩者之間也有引力上的關聯，且在軌道上互相約束的運轉，稱為聯星。如果用望遠鏡觀測星空，常常可以看到一些恆星兩兩成雙靠在一起。當然，這其中很多只是透視的結果，實際上兩顆星相距很遠，只是都在一個視線方向上罷了，像剛才所介紹的光學雙星。可是，天文學家發現，其中占不少比例，兩顆星之間有力學上的聯繫，相互環繞轉動。這樣的兩顆恆星，即聯星，真正的雙星。組成聯星的兩顆恆星都稱為雙星的子星。其中較亮的一顆，稱為主星；較暗的一顆，稱為伴星。主星和伴星亮度有的相差不大，有的相差很大。以剛才開陽星為例，其實開陽星本身是一個由四粒星組成的四合星聯星系統，反此相互旋轉，有時把兩粒以上相互運動稱為聚星。（利用電腦軟件 *Stellarium* 展示開陽聚星系統）

- 4-3
- **【目視聯星】**：有許多雙星，相互之間距離很近，即使用現代最大的望遠鏡，也不能把它們的兩顆子星區分開。因此科學家利用某些方法觀察雙星，主要有三種：目視聯星、光譜聯星和食聯星。

目視聯星是分離角度夠大的恆星，兩顆星在望遠鏡，甚至雙筒望遠鏡的觀測下可以看出是雙星。在觀測目視聯星時，望遠鏡的解析力是一個很重要的因素，當望遠鏡的口徑或倍數被提高時，能偵測出的目視聯星的數量就會增加；這兩顆星的亮度也是重要的因素之一，因為較亮的星可能會遮蔽掉較暗的星，使得兩者難以被分辨出來。正如剛才的開陽雙星。

- **【光譜聯星】**：有時候，聯星唯一的證據是來自它輻射出光線的都卜勒效應。什麼是都卜勒效應？就是指波源與觀察者間存在著相對運動時，被觀察的波頻會發生改變的現象。讓我用生活中的例子舉例，若你在馬路旁等紅綠燈時，聽到呼嘯來去的汽車聲，會發現聲音的頻率有些微的改變，這就是有名的都卜勒效應了！

4-4

同樣光也會產生都卜勒效應，如果恆星遠離我們而去，則光的譜線就向紅光方向移動，恆星會偏紅色，稱為紅移；如果恆星朝向我們運動，

電腦軟件

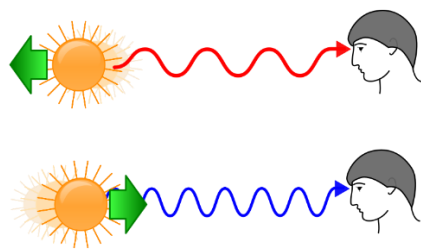
3

1

4

圖片

光的譜線就向紫光方向移動，恆星會偏藍色，稱為藍移。

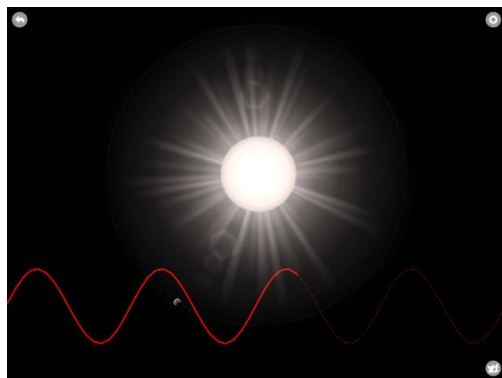


投影多普勒原理圖片



投影多普勒原理圖片

在這樣的情況下，當它們相對於質心運動時，每一顆都會重覆的朝向我們接近和遠離；聯星的光譜包含這一對恆星各自發射出的譜線，在它們的軌道週期中，其中一顆的譜線會先向藍色端移動，而另一顆的向紅色端移動，然後兩者同時改變移動的方向。根據多普勒效應，恆星接近我們運動時，其譜線便移向紫端，恆星遠離我們運動時，譜線便移向紅端。隨著兩子星的繞轉，恆星光譜的譜線便發生有規律的移動，據此，我們可以發現雙星。(利用 IPAD 講解)



利用 IPAD Exoplanet 展示雙星運動時光譜發生的變化

- **【短片】**：播放 Youtube 《Doppler Effect》和《多普勒效應》。問題：什麼是紅移和藍移？如何知道宇宙正在膨脹？
- **【多普勒現象】**：紅移和藍移其實是多普勒現象的一種，奧地利物理學家多普勒發現，當波源接近觀察者的運動時，所發出的波就觀測者而言似乎是堆聚起來，故觀測到其波長變短；反之，當波源後退時，觀測到波

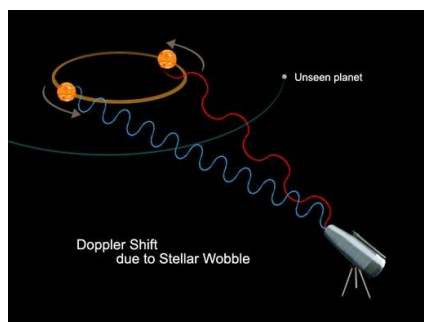
IPAD

短片

4-5

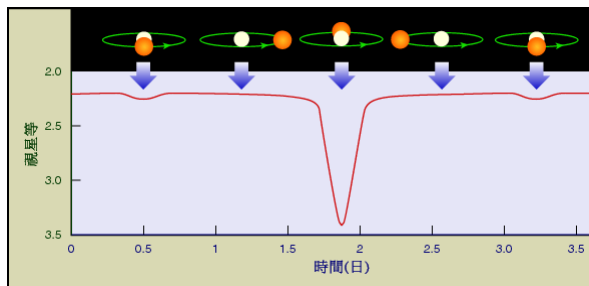
因擴散而波長加長，例如火車接近時，我們察覺到汽笛聲（波）因波長變短頻率變大，故聲調較高，這就是有名的都卜勒效應。

觀測運動中的光源，其光譜譜線也有同樣的效應，當光源遠離時，觀測者所觀測到的光，其波長會加長，即其光譜中某譜線相對於光源靜止時的同一譜線，有向紅端（即長波方向）位移的現象，稱光譜的紅位移或紅移，若光源接近觀測者時則譜線有藍移現象，天文學家利用這種效應，可以推斷出星體的運動是向地球接近或者遠離，並且可以依位移的量計算出其視線方向的運動速度。本世紀二十年代，美國天文學家觀察到了紅移現象。他們發現距地球很遠的星球或星系射到地球的光比離地球近的星的星光弱而且較偏紅色，即偏向可見光中的長波光譜。只此就了解宇宙正不斷膨脹，星系正不斷遠離我們。

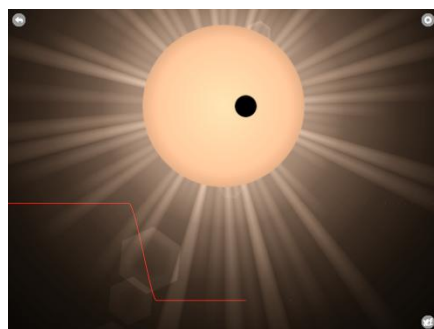


投影紅移原理

- **【食聯星】**：有些雙星系統，其中一顆星會在另一顆星前經過，產生周期性的光度變化，我們稱這種雙星為食雙星，基本上我們可以把食雙星看成為目視雙星的一種。食雙星是變星的一種。



投影食雙星時光譜變化圖



利用 IPAD Exoplanet 展示食雙星運動時光譜發生的變化

- **【短片欣賞】**：播放 Youtube 《Binary Orbit (updated)》。問題：雙星的光

圖片

2

3

4-6

圖片

2

| | | | |
|------------|--|------------------------------|--|
| | <p>度有何變化？（學生思考回答）</p> <p>二、變星</p> <p>有些星的光度會出現變化，我們稱之為變星。如食變星、脈衝變星、新星。</p> <p>➤ 【食變星的介紹】：這是食雙星所造成的假變星。當子星經過伴星的前後，由於兩星重疊，所以整體亮度會下跌，再加上雙星的運動是周期性的，所以光變曲線亦會出現同一周期的變動。要注意的是，並不是所有雙星系統都是食變星，互掩現象的出現主要取決於雙星軌道平面的傾角。正如之前介紹食雙星一樣道理。</p> | <p>短片</p> <p>1</p> | |
| <p>4-7</p> | <div data-bbox="518 667 933 873" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">投影食變星圖片</p> <p>➤ 【脈衝變星的介紹】：和食變星不同的是，有些恆星的光度變化是內部因素所造成的。例如脈動變星就是恆星本身不斷膨脹收縮，造成光度亦出現相應的變化。最著名的變星類型莫過於造父變星，圖中便是這類變星的典型光變曲線。它們的光變周期由數日至數月不等。最特別的是，它們的光變周期和光度有直接的關係，周期越長，亮度越大。所以，只要知道某一造父變星的周期，我們便可得知它的絕對星等，只要和它的視星等作比較，便可以求得它和我們的距離。所以造父變星又稱為量天尺就是這個原因。</p> | <p>自編教材</p> <p>1</p> | |
| <p>4-8</p> | <div data-bbox="582 1366 885 1713" data-label="Figure"> </div> <p style="text-align: center;">投影周光關係表</p> <p>➤ 【短片】：播放 Youtube 《Chi Cygni expands and dims, and then contracts and brightens over 408 days》</p> <p>➤ 【周光關係】：造父變星的光變週期與光度之間的一種關係。如下圖，概括地說就是造父變星的光變週期越長，其光度也越大。這種關係是美國哈佛大學勒維特在研究時發現的。周光關係的重要性在於，只要發現造</p> | <p>2</p> <p>圖片</p> <p>短片</p> | |

| | | |
|-------------|---|--------------------------------|
| <p>4-9</p> | <p>父變星，便可以確定該星及該星所在的恆星集團的距離。這是因為利用周光關係可以從光變週期推算絕對星等，而視星等則可直接測量，因此就能知道距離！周光關係既簡單又精確，因此它是測定銀河系內一些恆星集團的距離和鄰近的銀河外星系距離的重要方法。</p> | <p>1 5 圖片 自編教材</p> |
| | <div data-bbox="518 398 933 712" data-label="Figure"> </div> <div data-bbox="454 728 1005 772" data-label="Caption"> <p>投影造父變星的光變週期與光度的關係</p> </div> <div data-bbox="247 772 1268 907" data-label="Text"> <p>根據周光關係，較長週期的脈衝變星總是比短週期的為亮，即光變週期愈長，其光度就愈大，如下左圖，它的光變週期與絕對星等有一定的關係。</p> </div> <div data-bbox="319 907 1125 1344" data-label="Figure"> </div> <div data-bbox="582 1344 885 1388" data-label="Caption"> <p>投影周光關係圖講解</p> </div> <div data-bbox="247 1388 1268 1579" data-label="Text"> <p>假設某星系有某顆造父變星，從觀測知道它的光變週期是 24 天，測量到平均視星等是 25.8 (如右圖)，而它的絕對星等可以根據周光關係從左圖查出來，即是 A 點的絕對星等 = -5.2，因此我們有視星等和絕對星等，就可以按照公式計出距離！</p> </div> | |
| <p>4-10</p> | <p>➤ 【新星的介紹】：首先複習一下恆星演化的過程。假若恆星的質量超過八個太陽質量的話，它會怎樣演化呢？由於質量更大，恆星核心的密度及溫度亦必然比小質量恆星高，所以熱核反應會以更快速度進行，產生出更多的熱能，恆星會更加光亮，這些恆星通常為 O、B 或 A 型恆星。</p> <p>和其他恆星一樣，大質量恆星會在主序階段把氫轉化為氦。有趣的是，恆星質量越大，壽命越短，例如一顆相等於 15 個太陽質量的恆星，便只有一千萬年的壽命。由於大質量恆星的核心比一般恆星更熱和有更高的密度，當走至生命盡頭時，核心條件足以把氦繼續轉化為碳，同時在核心外圍形成一個氦殼。在恆星強大質量的約束下，核心氦聚變成碳</p> | <p>4 圖片</p> |

的過程能穩定地進行，在核心高熱的煎熬下，恆星外殼會極度膨脹，成為比紅巨星更巨大的超紅巨星。

情況很像燃燒氦，強大的引力足以在核心燃點起碳，而同時維持星體穩定。核心物質不斷聚變為更重的元素，直至成為鐵。我們相信在地球上常見的重元素，例如 氧、氮、矽等，其實是在遙遠的過去，在一顆恆星的內部以這個機制產生的。鐵其實是熱核反應的終站。氫轉化為氦會產生能量，但要把鐵結合成更重的元素時，卻 反而要吸收能量，這也是為甚麼我們把如鈾等重元素分裂成較輕元素時，可以產生能量的原因。

由於繼續燃燒鐵的核反應反而需要能量，所以恆星核心產生能量的能力便會戛然而止，核心的壓力驟降。當核心積聚了足夠的鐵後，在百分一秒之內，核心會毀滅性地猛烈收縮，同時把核心溫度提高。所有尚未使用的燃料會迅速核聚變成鐵或鎳。核心的外殼會塌縮在核心上。由於原子核的天然密度會成為巨大的阻力，防止核心進一步收縮，這時核心會猛烈反彈，產生強烈的衝擊波，同時產生出像鈾等比鐵更重的元素，並把恆星外殼炸毀，這便是超新星爆炸。超新星爆發十分激烈，恆星的亮度可以暴增 15 等，是宇宙中最璀璨的天文現象。



投影展示大麥哲倫雲超新星現象

公元 1054 年，宋朝天文學家目睹在現今金牛座天區出現了一顆客星，這顆突然出現的星異常光亮，在隨後兩個月的早上也可以看見，這顆客星便是我們所說的超新星。當年超新星爆發出來的殘跡，還形成了現今用小型望遠鏡都可以看得見的 M1 蟹狀星雲。蟹狀星雲仍然在膨脹，最終會溶入星際物質而消散。

- **【短片欣賞】**：播放 Youtube 《What Is A Supernova》和《How the sun will die and what happens to earth》
- **【設問】**：恆星在超新星爆發後又如何呢？（學生思考回答）
- **【解答】**：正如先前所講，這便取決於恆星剩餘核心的質量。在大爆炸後，若剩餘質量少於 1.4 個太陽質量，便會成為白矮星；若質量介乎 1.4 至大約 3 個太陽質量，便會成為中子星；若質量更大，便會成為黑洞。下圖顯示了不同質量恆星的死亡路徑。
- **【總結】**：學生打開教材 6-2 和 6-3 的下表。

短片

4

1

| | | | |
|-----------|--|----------|---|
| 變星和雙星的分類： | | 自編 教材 | 3 |
| 分類 | 內容 | | |
| 食變星 | 兩恆星輪流地在視線中擋住另一恆星全部或部分的光，亮度因而產生周期性變化。 | | |
| 脈衝變星 | 脈衝變星是自身週期性地膨脹和收縮，使它們的亮度和大小都有變化。 | | |
| 新星 | 這類星在爆發前一般不可見，但一旦出現，亮度增加得極快，以後慢慢地減弱。 | | |
| 分類 | 內容 | | |
| 光學雙星 | 地球上觀察在幾乎相同的方向上，但兩者之間並沒有任何物理上的關係。 | | |
| 聯星 | 兩顆星不僅看起來在同方向上，兩者之間也有引力上的關聯，且在軌道上互相約束的運轉。 | | |
| 雙星的觀察方法： | | | |
| 分類 | 內容 | | |
| 目視聯星 | ①通過望遠鏡，人眼可以直接分辨出雙顆恆星。 ②較亮的星會被稱為主星，較亮的星被稱為伴星。 ③在觀測目視聯星時，望遠鏡的解析力是一個很重要的因素。 | | |
| 光譜聯星 | 由多普勒位移的規律而判知。 | | |
| 食聯星 | 由相互掩食而造成亮度規則變化而判知。 | | |

四、試教評估、反思及建議

本章的教學目標是讓學生能認識天文的基本知識，包括天文常用的距離單位、恆星的命名、光度、顏色、恆星的演化、雙星和變星等。因為內容的難點較多，本次教學活動嘗試用電腦軟件、短片和圖片等多媒體教學作為輔助解釋重要的理論知識。

本章的一開頭介紹關於天文常用的距離單位，對於高中學生來說，他們已經對「天文單位」有一定的概念，老師在課堂中基本上是幫助學生複習高一地理課內容，並沒有難道，可以在此內容中增添有趣的比喻，例如比較太陽系各行星之間的距離，可以幫助學生理解天文單位。而現代天文所觀測到的宇宙範圍已經達到幾百億光年以上的尺度，因此認識「光年」同樣重要，其實學生對此名詞並不陌生，但大多數學生會誤解光年的意義，會誤以為是「時間」單位，此時老師需要多引用日常生活中的實例解釋，需要不斷糾正學生的錯誤理解。「秒差距」也是天文的常用距離單位，但在此教學活動中只是引出「三角視差法」的概念，基本上學生能夠明白「三角視差法」的概念即可，而教學活動過後，學生能明白對「三角視差法」的概念，但並不精通，此前學生必須能完全掌握天球系統的概念，建議教授此內容時，可以先用圖片或電腦軟件複習天球系統的知識。今次的教學活動約有一半的學生雖然明白概念但不能完全掌握並應用，特別是講解「秒差距」的概念，因此建議取消「秒差距」的內容，花多時間在學生活動的遊戲中，加強學生對此部份內容的興趣，最後的影片在情感上能使學生感受到宇宙的浩瀚。

本章第二個概念是關於恆星的基礎知識。一開始先講解恆星的命名法則和中英星命對照，最後用電腦軟件作簡單的遊戲體驗星名的樂趣，此遊樂特別吸引學生的注意力，教案雖以狩獵座作為遊戲示例，但建議老師可以讓學生自選喜愛的星座，甚至由學生親自找出喜愛的星座，好處是學生可以溫故之新，重新檢視自己對星座的認識，也列出幾顆中國星名讓學生猜猜背後的意義，學生相當有興趣，覺得中國星名非常有趣，老師此時可以開放一至兩分鐘讓學生試說明此星命的意

義，學生在此部份的投入程度高。另一概念是關於「視星等」、「絕對星等」、「顏色與溫度」的概念，學生並不難掌握此內容，教案中也嘗試用更多的比喻、教具、口號講解，學生都能理解這些概念，建議老師向同學先派發星圖，同學可以邊學邊看，即時尋找「視星等」的例子。而老師需要不斷問問題，甚至歡迎學生、鼓勵學生來問問題，檢視學生對此內容的認識程度，建議「星等、顏色和溫度」的概念完全理解後，才進入「恆星演化」的內容。

讀懂「赫羅圖」是學習恆星演化的關鍵，因此建議老師可以先在黑板上畫出赫羅圖的縱橫軸版圖，由簡至深，本次教案是先由電腦軟件比較某些恆星的顏色，理解顏色與年齡的關係之後，再不斷引用例子解釋溫度、顏色、光度三者間的關係，學生此時會有學習障礙，建議老師先停一停，邀請同學在黑板中慢慢畫出赫羅圖，並分別請同學在圖中寫出紅巨星、白矮星、主序星的位置，不斷向同學發問問題，學生在這部份會容易混淆不同質量的恆星死亡時的發展差異，老師只要花時間慢慢講解就可解決問題，最後建議老師要把所有關於演化的內容作總結。最後，同學掌握了恆星的演化後，講解恆星多樣化會有幫助，同學們並不難理解光譜聯星和目視聯星的差別，但會較難理解尋找光譜聯星的方法—多普勒效應，利用 IPAD Exoplanet 解釋此理論相當有幫助，發現老師無論講解多深入，都不及幾套短片和 IPAD 的展示，因此強烈建議老師介紹多普勒效應在尋找雙星的應用方面可以多著手於多媒體的應用，包括 IPAD、短片和圖片等，對教學非常有幫助。最後變星部份，講解「周光關係」部份建議重點放在新星的發現故事和新星的來由，用故事引導學生明白周光關係會比講解理論本身有幫助。

| 第七章、深空天體的觀察 | | (一課時) |
|-------------|--|--|
| 教 | 單元目標 | 具體目標 |
| 學 | 一、認知目標 1. 了解深空天體 2. 了解星系、星系和星團 3. 了解銀河系 | 1-1 能解釋深空天體的定義 1-2 能說明觀察深空天體的方法 1-3 能簡述拍攝深空天體的方法 1-4 能說明梅西爾星表的來由 1-5 能列舉梅西爾星表的分類 2-1 能說明星系的基本概念 2-2 能簡單介紹仙女座星系的基本資源 2-3 能比較旋渦星系和棒旋星系的差異 2-4 能說明星團的基本概念 2-5 能比較球狀星團和疏散星團的差異 2-6 能說明星雲的基本概念 2-7 能簡述星雲的基本物質組成 2-8 能比較反射星雲、發射星雲和黑暗星雲的差異 3-1 能說明銀河系的基本資料 3-2 能解釋銀河系的組成結構 3-3 能說出觀察銀河系的適合時間 |
| 目 | 二、技能目標 4. 培養學生觀察深空天體的能力 | 4-1 能利用電腦軟件搜尋觀察目標 4-2 能使用雙筒望遠鏡戶外觀察深空天體 |
| 標 | 三、情感目標 5. 培養學生喜愛觀察深空天體的樂趣 | 5-1 培養學生欣賞深空天體的美，親近大自然 5-2 能主動關心深空天體的相關新聞 5-3 能向同學分享觀察銀河系的方法 |
| 教學重點 | 5. 能比較各種星系、星團和星雲的種類。 6. 能說出幾個重要深空天體的名稱和觀察季節。 | |
| 教學難點 | 能從觀察判斷深空天體的種類。 | |

| | |
|---|---|
| 教 | <p>本章內容主要分為幾個部份：深空天體的基本認識；梅西爾星表；星系、星團和星雲分類；銀河系等概念，內容對認識銀河系外的宇宙物質和基本結構有重要意義。本章的重點內容要讓學生能比較不同星系、星團和星雲的類別，重點記憶較著名深空天體名稱，培養學生觀察深空天體的技能，體驗星空之美。因此，本章的內容可分為「深空天體的分類」和「深空天體的觀察」。</p> |
| 材 | <p>本設計特出重點深空天體的分類，早在第二章和第六章已有著筆，學生對此內容應該並不陌生，有了初步的認識，學生較有能力處理深空天體的基本概念，加上在課前已經有了一定的野外觀星技能，所以學生尋找深空天體會較易入手。本課重點是把之前已有的基礎知識部份加以整理，套用梅西爾星表，教導學生把深空天體分類，把主題分成星系、星團和星雲，再把每個子項加以分類，加深學生對深空天體的垂直分類的特色和各種分類的特徵。而難點是學生能夠判斷出所觀察目標所屬類別。學生如能突破難點，必需有野外觀察的課程，把所學到的知識靈活運用，但深空天體難以用肉眼觀察，只能使用拍攝方法，但耗時較長，因此必需借助電腦軟件 Stellarium 模擬星空，實時觀察，輔助教學，插入學生生活動，增加學生能動性和師生互動，加深印象。</p> |
| 研 | <p>本章重點內容是分類，可分為星系、星團和星雲。星系方面，重點教授仙女座大星系的發現背景和與銀河系間的演化關係，為了讓學生能在數分鐘之內觀看仙女座大星系未來幾十億年的演化歷史，因此加入了短片元素，把抽象的演化理論借著短片形象化呈現在學生面前，也通過大量的星空照片呈現星系中重要的天體－星雲和星團。根據以往經驗，學生非常喜歡星雲和星團的美，對星雲星團背後的知識應有著濃厚的興趣，有很強的學習動機，使用照片講解會吸引學生的專注力。最後一部份的內部是認識銀河系，學生必須瞭解銀河系的構成、大小與形狀，學生知道太陽系在銀河系中的地位；瞭解銀河系以及銀河外星系在宇宙中的地位，從中認識宇宙的無限性。</p> |
| 究 | <p>通過深空天體的認識，學生對銀河系，甚至銀河外星系保持較強的好奇心和求知欲，激發勇於探索宇宙的興趣，尊重科學原理，不斷提高對科學的興趣，關心科學技術的發展，培養正確的宇宙觀。</p> |

| | |
|----------------------------|---|
| <p>教 學 架 構</p> | |
| <p>教學方法</p> | <p>講授、觀測、討論、設問、引導教學、學習單、師生互動、交互式多媒體應用、學生活動</p> |
| <p>教學資源</p> | <p>自編教材和學習單、教學媒體包括電腦圖片、短片、IPAD</p> |
| <p>教學 評 量</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 認知評量： <ol style="list-style-type: none"> A. 能回答問題 B. 能完成／填寫學生手冊章節內容 2. 技能評量： <p>能利用雙筒望遠鏡觀察目標天體</p> 3. 情感評量： <p>觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等……</p> 4. 綜合評量： <p>舉辦一次校外觀星活動，學生觀察 M31 星系、M45 星雲、M45 星團，再複習第二章的星座和第六章恆星觀察。老師在旁觀察學生的投入情況，適當的引導、輔助。</p> |



| 課 前 準 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 資訊設備：電腦、投影機、IPAD 2. 應用程式準備：Solar walk；Exoplanet；Stellarium 3. 投影片準備：M20發射星雲照片、M51照片、M31照片、M31與銀河系照片、M31與銀河系碰撞的照片、M42照片、M45照片、M87照片、M92照片、NGC 1300照片、反射星雲照片、星系群和星系團照片、梅西爾星表圖片、球狀星團位置圖、黑暗星雲照片、業餘M42照片、銀河照片、銀河系結構圖、瀰漫星雲照片。 4. 短片準備：《Galaxy Collision》。 5. 教材和學習單準備：自編教材《天文觀測學生手冊－高中版》 | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--|----|--------------|---|------|---|---|----|--------------|---|---|----|--------|
| 課 時 分 配 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 課堂活動共一課時，每課時 40 分鐘。 2. 一次戶外觀星實習，約 120 分鐘。 3. 一課時的重點內容如下： <table border="1" data-bbox="167 768 1461 913"> <thead> <tr> <th>節次</th> <th>月</th> <th>日</th> <th>教學重點</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>6</td> <td>13</td> <td>星系、星雲、星團、銀河系</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6</td> <td>29</td> <td>戶外觀星實習</td> </tr> </tbody> </table> | 節次 | 月 | 日 | 教學重點 | 1 | 6 | 13 | 星系、星雲、星團、銀河系 | 2 | 6 | 29 | 戶外觀星實習 |
| 節次 | 月 | 日 | 教學重點 | | | | | | | | | | |
| 1 | 6 | 13 | 星系、星雲、星團、銀河系 | | | | | | | | | | |
| 2 | 6 | 29 | 戶外觀星實習 | | | | | | | | | | |


一、深空天體的觀察教學計劃說明

二、教學時間分配

| 一課時 (40min) | | | | |
|---------------------------------|------------|----------------------------------|----------------------------------|--|
| 教學重點：星系、星雲、星團、銀河系 | | | | |
| 內容 | 過程 | 教學資源 | 時間 | 評量方法 |
| 第七章、 深空天體的觀測 第一節、認識深空天體 | 課題引入 | 圖片、電腦軟件 (<i>Stellarium</i>) | 2min | 認知評量：能回答問題；完成學生手冊章節內容；完成課後作業 情感評量：觀測學生的表現行為、投入程度、好奇心、合作態度、創新等…… |
| | 基本介紹 | | 2min | |
| | 設問和解答 | | 3min | |
| | 深入介紹深空天體拍攝 | 圖片、雙筒望遠鏡、指星筆、赤道儀 | 3min | |
| | 梅西爾星表介紹 | 圖片 | 3min | |
| | 學生活動 | 電腦軟件 (<i>Stellarium</i>) | 3min | |
| 第七章、 深空天體的觀測 第二節、星系、星雲、星團 | 一、星系 | 星系的介紹 | 圖片 | 2min |
| | | 仙女座星系的介紹 | 圖片、電腦軟件 (<i>Stellarium</i>) | 2min |
| | | 短片 | 《Galaxy Collision》 | 2min |
| | 二、星系的分類和組成 | 分類介紹 | 圖片 | 2min |
| | | 星團介紹 | | 3min |
| | | 星雲介紹 | | 4min |
| | | 設問和解答 | | 1min |
| 第七章、 深空天體的觀測 第三節、銀河系 | 基本介紹 | 圖片、電腦軟件 (<i>Stellarium</i>) | 3min | |
| | 結構介紹 | 圖片 | 3min | |
| 總結和學生發問 | | | 2min | |

三、教學活動

| 第七章、深空天體的觀察（一課時） | | | |
|------------------|---|-----------------------|-------|
| 教學目標 | 教學活動 | 教具 | 時間(分) |
| | <p>參、課前準備</p> <p>老師：</p> <ol style="list-style-type: none"> 研究教案內容，訂立課程目標。 設計教學活動。 準備投影片、軟件和教具。 <p>學生：</p> <ol style="list-style-type: none"> 學生已習得第六章的內容。 預習第七章第一節的內容。 <p>貳、上課內容</p> <p>➤ 【課題引入】：展示一張M42星雲照片，學生欣賞星雲的美。提問：</p> <ol style="list-style-type: none"> 有沒有在天空中用肉眼看過類似的美麗影像？(學生自由發表) 思考照片中的雲氣是什麼？(學生自由發表) 為什麼會有顏色？(學生自由發表) 為何肉眼是不能看見而必須使用望遠鏡？(學生自由發表) 知道這個星雲的位置嗎？ <p>以上問題，這章節將會為同學一一解答！</p>  <p style="text-align: center;">投影展示M42照片</p>  <p style="text-align: center;">利用電腦軟件Stellarium展示出M42的位置</p> | <p>圖片</p> <p>電腦軟件</p> | 2 |

| | | | |
|-----|---|-------|--------|
| 1-1 | <p>第一節、認識深空天體</p> <p>➤ 【基本介紹】：深空天體是一個常見於業餘天文學圈子的名詞。一般來說，深空天體指的是天上除太陽系天體（如行星、彗星、小行星）和恆星外的天體。這些天體大都不為肉眼所見。只有當中較明亮者能為肉眼所見，但為數不多。超過一百個以上的深空天體能通過雙筒望遠鏡所看到！總結深空天體有以下特點：</p> | | 2 |
| 1-2 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 深空天體大部分很暗弱，視直徑和視面積都很細小，需要借助望遠鏡才能看見。 2. 如需要使用拍攝，累積數十分鐘甚至數小時的光線才能看見。 3. 使用望遠鏡進行目視，絕大部分深空天體都不帶顏色。 4. 隨著望遠鏡收集的光線愈多便能看見愈暗的深空天體。 <p>所以，若有一支天文望遠鏡，能看到的深空天體數量會大幅上升。通過天文攝影能拍攝到為數可觀的該些天體。</p> <p>➤ 【設問】：（展示一張業餘拍攝M42照片）這張照片與之前照片有何不同？（同學自由發表）</p> | 圖片 | 1 |
| 1-3 |  <p style="text-align: center;"><i>投影展示M42業餘拍攝照片</i></p> <p>➤ 【解答】：很明顯，第二張照片較光亮，顏色不夠鮮艷，是因為城市光害的原故！首先同學要瞭解城市的夜晚總是燈火燦爛，色彩斑斕的霓虹燈和各種裝飾燈光把城市的夜空照得亮如白晝。可是這一切對於天文愛好者來說卻是極為不利的。再加上汽車尾氣等產生的污染，大多數時候，城市都會被灰濛濛的煙霧所籠罩。只有等到晴朗且沒有月光的週末，才有機會到遠離光害的郊外觀星。如果能夠在城市中就近觀測，時間就好把握多了，也能夠有更多天文觀測的機會。</p> <p>➤ 【深入介紹深空天體拍攝】：那麼，在光害如此嚴重的都市中，如何進行深空觀測呢？事實上，城市中的天文觀測對器材並沒有什麼非常特殊的要求，簡單的器材一樣可以拿來觀測，例如一支雙筒望</p> | 雙筒望遠鏡 | 2 3 |

遠鏡或小型的折射望遠鏡。不過大型器材對於在市區，尤其是在自家陽臺或樓頂觀測的愛好者來說非常有優勢。大型器材具有良好的觀測效果，但是外出攜帶非常不便。如果能就近架設觀測，使用率也會大大提高。例如學校 190mm 中型反射鏡。

目視觀測選用雙筒望遠鏡會非常方便，老師曾經嘗試在夏季晴朗無月光的夜晚，在家中或在路環龍爪角用一具 10x50 的雙筒望遠鏡指向南方天空，輕易就觀測到了多個深空天體。這些位於銀河中心方向的深空天體視面積和亮度都比較大，非常容易觀測。對於視面小、亮度低的深空天體，在用雙筒望遠鏡觀測的時候可能需要輕微地移動視場，這樣你就能夠分辨出一個很小的暗弱的光斑。如果能夠使用口徑較大、焦距較長的天文望遠鏡來觀測，效果則會更好。

在城市中，由於天空背景相對比較明亮，對於一些亮度較低的深空天體目視觀測會有一定困難。使用光害濾鏡拍攝深空天體是一個不錯的方法。光害濾鏡主要是針對鈉燈、汞燈這樣的氣體光源產生的光害。不過即便沒有濾鏡也沒關係，我們可以通過數位影像的後期處理來消除光害的影響。

對於很多人來說，最困難的莫過於如何找到所要觀測的天體，因為肉眼是難以看見深空天體！最簡單的方法就是使用一部帶有自動尋星功能的赤道儀。例如我校有一台 GOTO 全自動尋星功能的赤道儀！先用可以看到的亮星進行赤道儀的校準，然後就可以在手柄上輸入你需要觀測的深空天體的編號，赤道儀就會自動把望遠鏡指向目標天體。



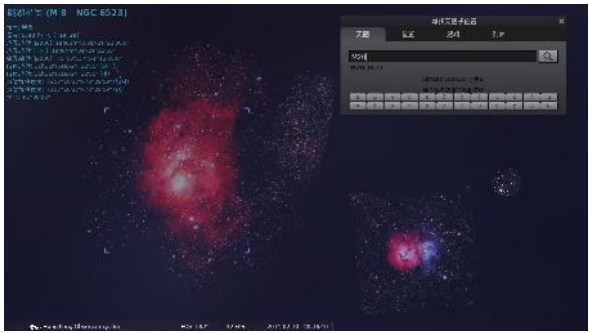

展示教具 GOTO 赤道儀

如果沒有這樣赤道儀又該怎麼辦呢？還有一個方法可以方便的解決這個問題。一具 10x50 的雙筒望遠鏡大約有 5° 左右的視場範圍，我們可以利用它來搜尋目標，再利用一支可以安裝在雙筒望遠鏡上的指星筆指向目標，這樣我們就可以尋著指星筆的光束輕易地找到要觀測的天體了。

赤道
儀

指星
筆

| | | | |
|-----|---|------|---|
| 1-4 |  <p style="text-align: center;"><i>展示教具指星筆和 10X50 雙筒望遠鏡</i></p> <p>➤ 【梅西爾星表介紹】：關於深空天體有系統性的觀察和紀錄，是 18 世紀一位法國天文學家梅西爾所編制的《星雲星團表》，囊括了大約 100 個在當時的望遠鏡中很難跟彗星區分開來的彌漫天體。梅西爾本身是個彗星搜索者，他結集這個天體目錄是為了把天上形似彗星而不是彗星的天體記下，以方便他尋找真正的彗星時不會被這些天體混淆。最初發表的《星雲星團表》第一版記錄了 45 個深空天體，編號由 M1 到 M45。之後增加至 M70。翌年發表的《星雲星團表》最終版共收集了 103 個天體至 M103，現時梅西爾天體有 110 個。最具代表性的是梅西爾星表第 42 號天體－獵戶座大星雲。(展示照片)</p> <p>日後拍攝技術的發明，很多肉眼看不見的深空天體一一發現。因此天文學家編列另一份星表名為星雲和星團新總表簡稱 NGC，是在天文學上非常著名的深空天體目錄，它收錄了 7840 個天體。星雲和星團新總表是最大的一個綜合目錄，它包含所有類型的深空天體，並沒有被侷限在某一類，例如星系。</p> | 圖片 | 3 |
| 1-5 |  <p style="text-align: center;"><i>投影展示梅西爾星表</i></p> <p>➤ 【學生活動】：利用電腦軟件 Stellarium 尋找梅西爾星表照片中美麗的深空天體（包括 M1、M8、M13、M20、M31、M33、M45、M51、M83），並從外型觀看，學生嘗試歸納出深空天體共可以分成多少類別。(學生討論)（分成三個類別：星系、星雲、星團，作為下一部份講解的引子）</p> | 電腦軟件 | 3 |

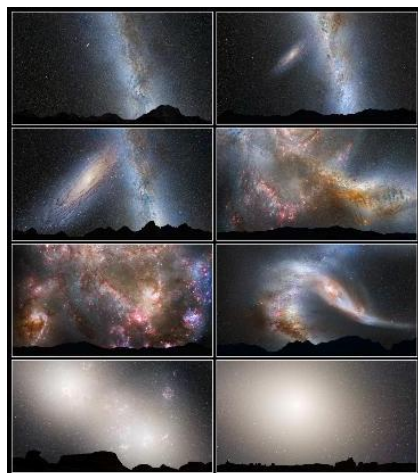
| | | | |
|-----|---|----------|---|
| 2-1 |  <p>利用電腦軟件 <i>Stellarium</i> 展示各位深空天體照片和位置</p> <p>第二節、星系、星雲、星團</p> <p>一、星系</p> <p>➤ 【星系的介紹】：星系是一個包含數量龐大恆星、星際雲氣與塵埃、星團、星雲和暗物質，並且受到重力束縛的大質量系統。典型的星系，從只有數千萬顆恆星的矮星系到上兆顆恆星的橢圓星系都有，全都環繞著質量中心運轉。在可觀測的宇宙中，星系的總數可能超過 1,000 億個以上！其實星系一詞源自於希臘文中的 galaxias，是牛奶的意思，原因是希臘人觀看天空銀河系的時間感覺像牛奶般從天而舉。指參考我們的銀河系，是一個包含恆星、氣體的星際物質、宇宙塵和暗物質，並且受到重力束縛的大質量系統。（投影 M31 照片）</p> <p>歸納出幾個要點：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「星系」是構成宇宙的基本單位。 2. 宇宙中現知的星系數量以百萬計。 3. 星系的大小差別很大，平均一個星系大約含有百億顆恆星；我們所在的銀河系有二千億顆以上的恆星。 4. 太陽系位於銀河系，以外還有上千億個星系，統稱為河外星系。 | 圖片 | 2 |
| 2-2 |  <p>投影展示 M31 星系照片</p> <p>➤ 【仙女座星系的介紹】：仙女座星系（M31），早期的文件中曾經稱為仙女座星雲，距離大約 250 萬光年，位於仙女座的方向上，是人類肉眼可見（3.5 等星）最遠的深空天體。仙女座星系在適度黑暗的天空環境下很容易用肉眼看見，但是如此的天空僅存在於小鎮、被隔絕的區域、和離人口集中區域很遠的地方，只受到輕度光污染的環境下。肉眼看見的仙女</p> | 電腦 軟件 | 2 |

座星系非常小，因為它只有中心一小塊的區域有足夠的亮度，但是這個星系完整的角直徑有滿月的7倍大！

仙女座星系以大約每秒300公里的速度靠近太陽！所以它是少數藍移的星系之一。仙女座星系以100~140公里/秒的速度接近我們的銀河系。同學不用擔心，即使與銀河系發生碰撞，也是30億年後的事情。在這種情況下，兩個星系會合併成一個更巨大的星系。在宇宙中這種事件是經常發生的。



利用電腦軟件展示M31的位置、大小比較



投影展示M31與銀河系碰撞時地球觀察到的畫面

在宇宙有很多星系碰撞的例子，如M51星系群。(展示M51照片)

- **【短片】**：觀看星系碰撞動播，播放 Youtube 《Galaxy Collision》。

二、星系的分類和組成

- **【分類介紹】**：在天文學中，星系的分類主要是根據星系的外觀在整體上呈現出的型態，依外觀可分為三大類型：橢圓星系、螺旋星系、不規則星系。螺旋星系又可分為：旋渦星系、棒旋星系。而且可以更進一步的標示出各類星系的特性。例如，橢圓星系的外觀扁平度，旋渦星系的旋渦數目或棒旋的特性。

首先是橢圓星系，是星球聚集的一種型態，此類星系的外觀在望遠鏡中顯現呈橢圓球狀，它的外觀和我們的銀河系是絕然不同的，外觀似乎看不出它們像螺旋星系般有旋轉的現象，例如位於室女座球狀大星系

圖片

短片

2

圖片

2

2-3

電腦
軟件

團中心的M 87橢圓星系是呈現為橄欖球狀，僅有少許的星際氣體和灰塵在其中，而且沒有渦旋的外圍結構。M87橢圓星系此點特徵，和其他有渦旋臂而且呈現扁平狀的銀河系外觀是不一樣的。



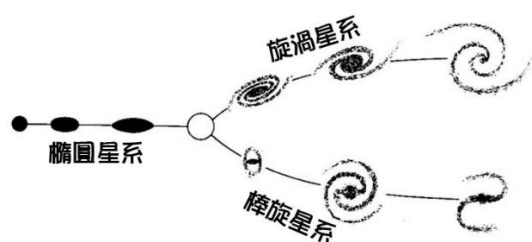
投影M87橢圓星系照片，並嘗試在Stellarium尋找

旋渦星系是由大量氣體、塵埃和又熱又亮的恆星所形成，有旋臂結構的扁平狀星系，有下列結構特徵，包括高速旋轉的特徵；中心有核球的結構，被周圍的星系盤環繞著。核球類似橢圓星系，有許多老年的恆星，並且通常會有超重黑洞隱藏在中心！星系盤是扁平的，伴隨著星際物質、年輕的恆星，共同繞著核球旋轉。例如銀河系就是一個著名例子，會在後面詳細講解。又例如 M101 風車星系。

第三類稱為棒旋星系，是星系分類中的一種類型，它和一般所認知的螺旋星系頗為相似，但在望遠鏡中仔細地察看就可以看出它們的差異所在，就是某些螺旋星系在靠近中央的區域，竟然彷彿是由一根棒狀的臂帶動著外圍的旋臂繞其中心旋轉。



投影NGC1300照片



學生打開自編教材第六章第二節以上圖示

- **【星團介紹】**：在星系中有許多大大小小的星團和星雲。首先介紹星團。星團是指有些恆星受彼此之間的重力影響而聚集成團。恆星集團或恆星雲是恆星的集團，可以區分為兩種類型：一種是球狀星團；另一種是疏散星團。比較一下兩種星團有何不同之處？（展示M45和M92星團，學生回答問題）

自編
教材

圖片

3

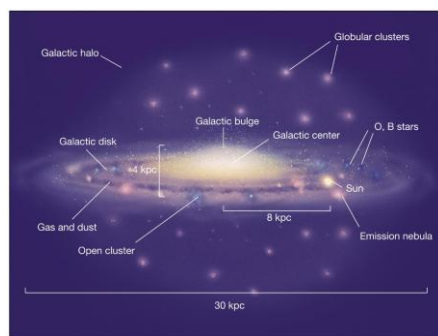
2-4

2-5



投影展示M92(左)和M45(右)星團，學生比較兩者差異

左方 M92 星團屬於球狀星團，球狀星團是明亮恆星聚集的一種型態，這類星團的特徵是呈球狀對稱分布於一球心周圍。雖然球狀星團的規模不像星系龐大，但此類星團組織非常緊密，星團內恆星數量至少也有數十萬顆，大多集中在星團的中心附近。球狀星團的範圍直徑約在數十光年至四百光年間！依據最新的觀測資料顯示，推測球狀星團的年齡可能都已上百億年了，或許可以追溯至宇宙的初期。我們銀河系的盤面外圍就擁有約 200 個球狀星團，一般相信大多數的星系也擁有眾多的球狀星團。



投影球狀星團在銀河系的位置圖

2-6

右方 M45 又稱昴宿星團屬於疏散星團，疏散星團與球狀星團完全不同。它們侷限於銀河平面，並且幾乎都是在螺旋臂中被發現。它們一般都是年輕的天體，最多只有幾千萬年的年齡疏散星團散布在高達 30 光年直徑的區域內，但通常只有數百顆恆星。相較於球狀星團，它的密度非常的低，它們所受到的引力約束也很小，容易瓦解。疏散星團通常由藍色的年輕恆星為主，就恆星而言，它們只有數千萬年的壽命，而且很多疏散星團都在恆星末期前就已經潰散。最著的 M45 昴宿星團。昴宿星團位於金牛肩膀的位置，我國俗稱七姊妹，是亮而年輕的開放星團，藍色環繞的雲體已淡，要最暗最清楚的夜晚才能看見。透過天文望遠鏡可見數百顆。(利用電腦軟件 Stellarium 搜尋 M45 星團的位置)

圖片 4

2-7

- **【星雲介紹】**：在星系中，除了數目很多的星團之外，還有另一種非常漂亮的星雲充斥著宇宙之中，恆星的一生演化當中，無論是雲氣凝聚的恆星誕生過程、恆星內部的核融合啟動瞬間、恆星垂死前後的重力崩塌與

氣體擴張、恆星死亡後的兩極噴流等等劇烈轉變過程中，都會對鄰近的太空雲氣造成可觀的影響，而留下數種不同類型的星雲景觀。為了便於解說恆星的一生不同階段可能造成不同的雲氣外觀，我們將星雲類型略分成瀰漫星雲、發射星雲、反射星雲、超新星爆發殘留物、行星狀星雲和黑暗星雲等類型。星雲的主要成份是氫、氦，並含少量的金屬和非金屬元素，有的還含有有機分子。（投影展示各種星雲的照片）



投影展示各種星雲的照片

因為星雲的種類非常之外，主要講解三種星雲：發射星雲、反射星雲和黑暗星雲。

在恆星形成的附近經常可以看到大量的雲氣，這些分布範圍廣泛但顯得稀薄的星際物質，稱為瀰漫星雲。瀰漫星雲和星團有著密不可分的關聯。通常，瀰漫星雲中有些質量較大、溫度較熱的恆星，會發出熱輻射而激發了鄰近雲氣裡的氫原子，將會輻射出某些特定波段的電磁波而照亮了鄰近廣泛的區域，這區域內的雲氣稱之為發射星雲。（投影展示 M8 礁湖星雲照片）

「發射星雲」發亮的機制是一團高溫的氣體雲氣，雲氣內的原子受到鄰近恆星所輻射出的紫外線能量的激發，使得這些原子內的電子從穩定的低能階能提升到較不穩定的高能階上，因而當電子再從不穩定的高能階躍回穩定的低能階時，藉由電磁波輻射發射出來。經常觀測到的發射星雲多呈紅色，就是因為星雲內大量的氫原子被激發後發射紅光波段電磁波。當然，我們也可以看到氫以外的原子所輻射的其他顏色光譜。依據目前所知，發射星雲內常孕有剛誕生、或即將有恆星誕生。另一個例子就是 M42（投影展示 M42 照片）。圖中所示濃密的雲氣是形成年齡大約只有 200 萬年，距離我們地球約 1600 光年、範圍長寬約為 30 光年，星雲內部是年輕的恆星、鮮亮的氣體、塵埃的暗帶等壯觀景象。

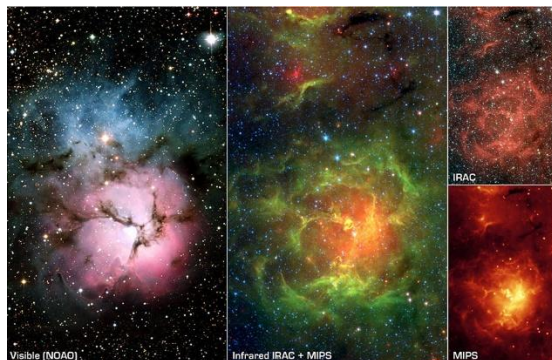
第二種是「反射星雲」，反射星雲是星雲分類中屬於瀰漫星雲的一種。它的組成是一團塵埃的雲氣，這些塵埃仿如霧氣般造成了局部區域的不透明，它們本身並未發射任何電磁波，明亮的原因僅是簡單地反射了鄰近恆星們的光。我們經常觀測到的反射星雲多呈藍色，原因是因為星雲內大量的塵埃對藍色波段電磁波的散射效果較佳而已。這種現象的物理學原理，正如同地球大氣層中的塵埃對於來自太陽表面的電磁波之散射效果一樣，使我們白天所見到的晴朗天空是呈現藍色。反射星雲內

2-8

1

也會孕有形成中的恆星。反射星雲和發射星雲經常被發現在一起，另有一名稱，統稱它們為「彌漫星雲」。(展示 M20 照片)

- **【設問】**：這是 M20 三裂星雲的照片，同學們是否知道那裡是發射星雲，那裡是反射星雲？(同學思考回答)
- **【解答】**：紅色是發射星雲，藍色是反射星雲，同學可以留意到當使用紅外光波段拍攝之後，藍色光的雲氣已經消失了，證明是反射星雲。



投影展示三裂星雲紅外光景觀

第三種是「黑暗星雲」，黑暗星雲是彌漫星雲的一種，它是一團擋住後方恆星光的塵埃雲氣。基本上，黑暗星雲的物理特性和反射星雲相似；只是在幾何上，來自鄰近的光源、雲氣與地球三者間的位置不同而已。黑暗星雲經常被發現位處於反射星雲和發射星雲的臨界面上，如下列照片所呈現的景觀，距離我們約 1600 光年的獵戶座裡黑暗物質構成像似海馬頭狀的馬頭狀星雲，它是黑暗星雲的代表。



投影展示黑暗星雲照片

第三節、銀河系

- **【基本介紹】**：在晴朗的夜空，你若身處一個沒有光害的地方，即可看到星空中彷彿有條帶狀星辰分布跨空而過，我國自古稱它為「天河」。直到 1897 年，天文學家葉凱士才確切地指出，這條看似天河分布的所有星球構成了我們所居住的星系銀河系。

銀河系是太陽系所處的星系。是一個由 1000 至 4000 多億數千個星團和星雲組成的棒旋星系系統，它的直徑約為 10 萬光年。太陽系屬於這個龐大星系的恆星之一，而我們居住的地球則屬於太陽系中的一個行星。最新研究指出銀河系實際上為一棒旋星系，銀河系具有巨大的盤面結

3-1

3-3

圖片

電腦
軟件

3

構，由於我們在盤面內部，環視整個盤面，只能看見橫跨星空的白色帶狀物由人馬座延伸至夏季大三角，甚至仙后座，冬季最黯淡，在獵戶座一個橫跨星空的白色帶狀物，像一條流淌在天上閃閃發光的河流一樣，古稱銀河、天河、天漢，北半球來說夏季是明顯觀看銀河的最好時機。

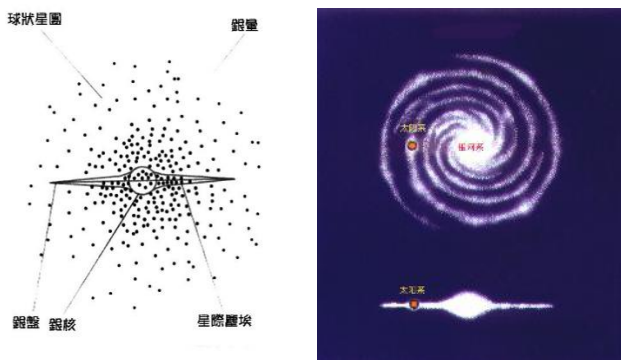


投影銀河結構圖片(左)和地球觀看銀河的照片(右)



利用電腦軟件 Stellarium 展示當晚銀河的位置

- **【結構介紹】**：銀河系的結構可分為銀核、銀盤、銀暈三部分。銀核即銀河的中心，有巨大的質量和緊密的結構，因此強烈懷疑它有超重質量黑洞，因為已經相信有許多星系的核心都存在超重質量黑洞。銀盤即銀河的盤面，估計直徑為 10 萬光年，盤面在中心向外凸起。銀河的盤面被一個球狀的銀暈包圍著，估計直徑在 25 萬至 40 萬光年。盤面(特別是旋臂)是恆星誕生的活躍區域，但是銀暈中沒有這些活動，疏散星團也主要出現在盤面上，而球狀星團集中在銀暈上。而太陽系只不過是其中一條銀臂上！



投影銀河系結構圖(左)和銀河系旋臂圖(右)

- **【總結】**：學生打開教材第 7 章以下表格：
星團和星雲總結：

| | |
|----|------------------|
| 恆星 | 恆星的光，來自內部的核融合反應。 |
|----|------------------|

3-2

圖片

3

| | | | | |
|---------|---|--|--|---|
| 星團 | ①星團是指有些恆星受彼此之間的重力影響而聚集成團。 ②疏散星團：恆星數量較少，結構比較鬆散，一般較年輕。 ③球狀星團：恆星數量較多，結構緊密呈球形，中心部分最為密集，一般較年老。 | | | 2 |
| 星雲 | ①星雲是由星際塵埃和氣體所組成的瀰漫天體。 ②通常具有美麗的顏色。可分為發射星雲、反射星雲、黑暗星雲。 ③主要成份是氫、氦，並含少量的金屬和非金屬元素，有的還含有有機分子。 | | | |
| 銀河系的總結： | | | | |
| 銀核 | 銀河中心，直徑大約三萬光年、密集的恆星分布成球形。 | | | |
| 銀盤 | ①包含四條旋渦臂。 ②太陽系位於其中的一條旋渦臂中，距銀河中心約三萬光年。 ③疏散星團多分布在銀河盤面附近，年紀較輕。 | | | |
| 銀暈 | ①由球狀星團運行空間所定出來的銀暈，可擴展到幾萬光年，達銀河本身直徑的大小。 ②球狀星團多分布在銀暈範圍內，年紀較老。 | | | |

四、試教評估、反思及建議

本章的教學目標是讓學生能認識深空天體的基本知識，如星雲、星團、星系和我們的銀河系，除了知識的教授外，還會出野外使用望遠鏡觀星空，讓學生能親身用肉眼感受深空天體。

本章的內容雖然不多，但學生對此課題特別有興奮，每當投影出漂亮又震撼的深空天體照片時，學生們非常專注，問題較多，主要詢問如何拍攝、能否觀察、目標位置，雖然並沒有問及層次較高的問題，但已是一種很好的動機教學，因此建議老師教授此部份內容時，充分準備較多的深空天體照，與學生交談式的互動，偶然說明拍攝技巧等課外知識，當然老師要適當安排時間把重點回歸講解星雲、星系、星團種類和成因等深層的科普問題。本次教學也嘗試使用電腦軟件 Stellarium 教學，向同學展示某日期時間的深空天體位置，並了解不同季節深空天體的觀察時機的不同，大部份同學皆能了解此概念，但還需要一定的時間和訓練才能熟知天體的位置，電腦教學雖然有很強的輔助效果，但建議老師必須安排作業和戶外觀星，加強記憶效果。

最後，電腦模擬星空輔助教學幫助雖大，但仍建議到戶外教星實習，在戶外了解深空天體適宜先用肉眼判斷方向、絕對位置和相對位置，當學生能了解更深後再使用望遠鏡高倍觀察深空天體的種類、結構、特徵等，進而講解天體的物理和化學等跨領域知識。

參考文獻

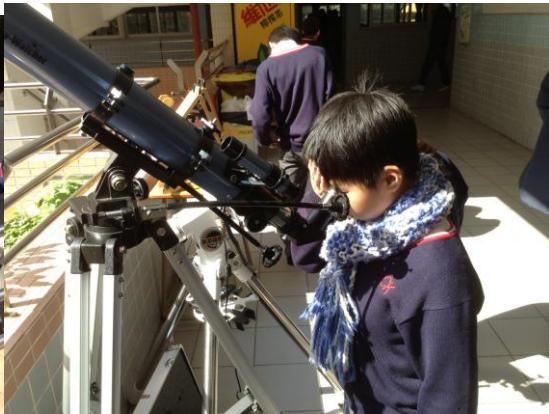
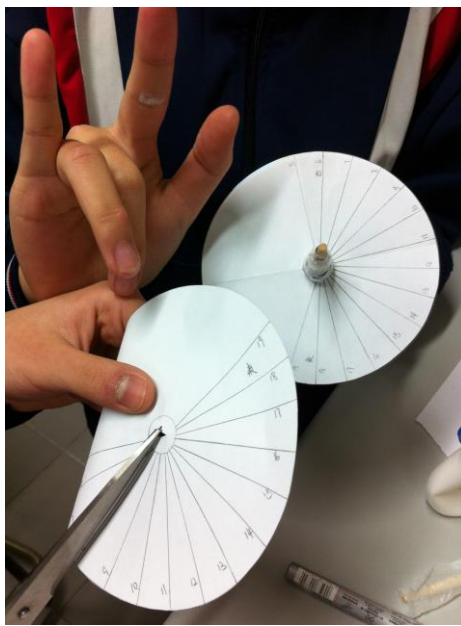
1. 蘇宜(2009)。天文學新概論。北京市：科學出版社。
2. 希瑟·庫珀，奈傑爾·亨貝斯特(2010)。圖解天文學史。湖南：科學技術出版社。
3. 福江純、粟野諭美(2010)。你對宇宙瞭解多少？：探索從太陽系到銀河的宇宙奧秘。台灣：晨昇。
4. 曹亮吉(2010)。從天文地理學數學。台灣：天下遠見出版股份有限公司。
5. 鈕衛星(2011)。天文學史：一部人類認識宇宙和自身的歷史。上海市：交通大學出版社。
6. 井田茂、中本泰史(2011)。宇宙新事實!新太陽系全解。台灣：瑞昇。
7. 特倫斯迪金遜著(2012)。夜觀星空：天文觀測實踐指南。北京市：科學技術出版社。
8. 余明(2012)。簡明天文學教程。北京市：科學出版社。
9. Timothy Ferris(2012)。銀河系大定位。台灣：遠流
10. David Aguilar(2012)。13 顆行星：太陽系的新秩序。台灣：大石國際文化。
11. 馬克斯·尚恩(2013)。把太陽系帶到你眼前。台灣：大是文化。

附件

一、教學相片














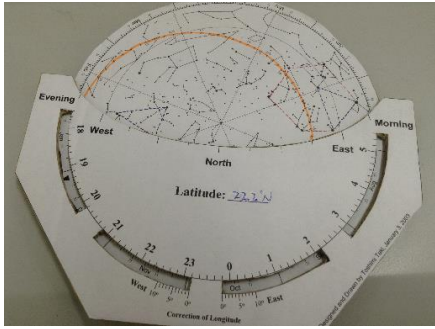








二、教具照片

| | |
|-------------------|--|
| <p>折射望遠鏡</p> |  |
| <p>馬克蘇托夫牛頓反射鏡</p> |  |
| <p>牛頓反射鏡</p> |  |
| <p>普羅凌鏡</p> |  |
| <p>屋脊凌鏡</p> |  |

| | |
|-------------------|--|
| <p>不同焦距的目鏡</p> |  |
| <p>增倍鏡</p> |  |
| <p>45°正像鏡和天頂鏡</p> |  |
| <p>德式赤道儀</p> |  |
| <p>太陽日珥鏡</p> |  |

| | |
|---------------------|--|
| <p>星圖</p> |  |
| <p>DIY 星圖</p> |  |
| <p>太陽投影儀</p> |  |
| <p>Soler viewer</p> |  |
| <p>Baader 的太陽濾膜</p> |  |
| <p>日晷 DIY</p> |  |

| | |
|-----|--|
| 橙 |  |
| 手電筒 |  |