

天文學



我們的
科學家

概念與實證

葉殿恩 著

程度 **4**

鳴謝

本出版社及作者謹向提供照片、插圖及其他資料的下列人士和團體致謝：

Adrian Pingstone, Wikimedia Commons <http://commons.wikimedia.org> [第 15 頁];

Andrew Jones [第 9 頁];

David J. Wilson, Wikimedia Commons <http://commons.wikimedia.org> [第 11 頁];

Hans Bernhard (Schnobby), Wikimedia Commons <http://commons.wikimedia.org> [第 9 頁];

Joseph-Nicolas Robert-Fleury, Wikimedia Commons <http://commons.wikimedia.org> [第 12-13 頁];

Lumos3, Wikimedia Commons <http://commons.wikimedia.org> [第 16 頁];;

NASA [第 4-5 頁, 第 9-10 頁, 第 17 頁];

Philipp Salzgeber, Wikimedia Commons <http://commons.wikimedia.org> [第 14 頁];

Sir Godfrey Kneller, Wikimedia Commons <http://commons.wikimedia.org> [第 15 頁];

Viktarm/Dreamstime.com [第 10 頁];

www.wikimedia.org [第 3 頁, 第 6 頁, 第 15 頁]。

本出版社已經竭力追溯所有版權，惟尚未與部分版權持有人取得聯繫，我們在此亦一併致謝。如有遺漏，請有關之版權持有人與本社接洽，謹此致歉。

目錄

轉動了地球、定住了太陽的天文學家

尼古拉·哥白尼

2

宗教與科學之戰

伽利略·伽利萊

8

以哈雷命名的彗星

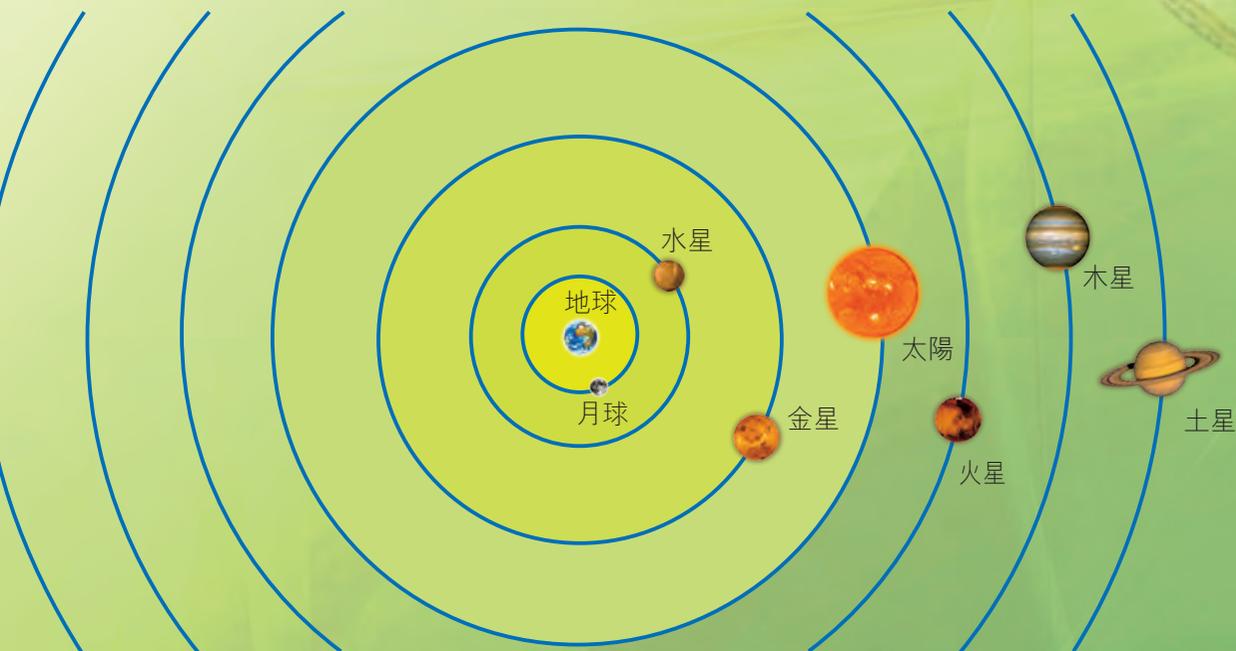
愛德蒙·哈雷

14

轉動了地球、定住了太陽的天文學家

以地球為中心的宇宙模型

在中世紀(公元900年至1400年)，大多數人都認為地球是宇宙的中心：太陽、行星和遙遠的星體以圓形的軌跡圍繞地球運行。這宇宙模型是由希臘天文學家托勒密在公元二世紀時提出的。托勒密的模型與聖經對於宇宙的描述是一致的，亦暗示人類處於宇宙的中心。當哥白尼提出「太陽位於中心，地球和其他行星都圍繞它運行」的假說時，便引起了持續幾百年的巨大爭議。



▲ 托勒密設計出以地球為中心的宇宙模型

觀察得出的宇宙新模型

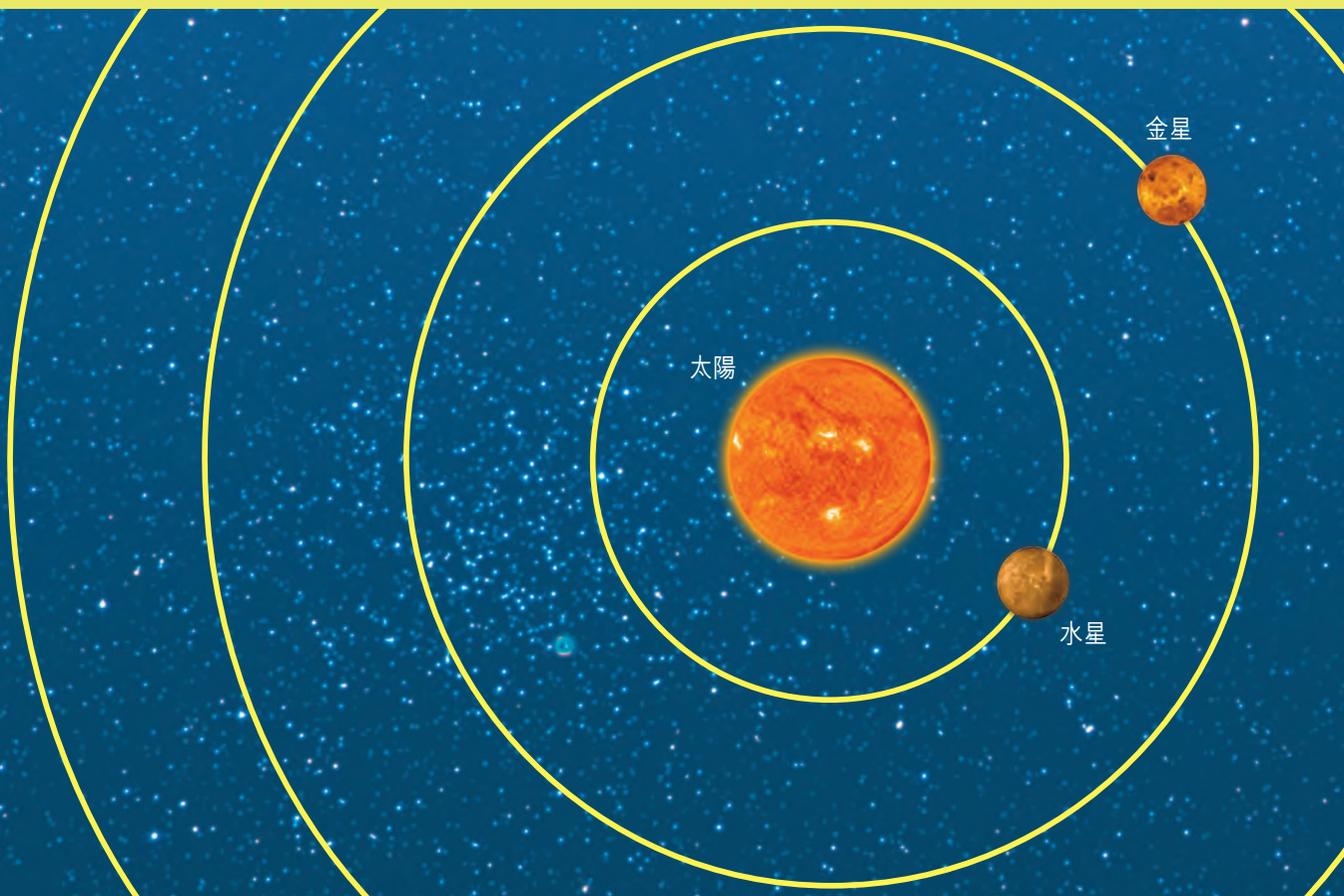
尼古拉·哥白尼在1473年於波蘭托倫市出生。他的家庭以營商為生，家境富裕，這讓他學習到不同領域的知識。他不僅在波蘭接受教育，也曾到意大利進修。哥白尼在意大利時，取得了法律和醫學學位，亦修讀了天文學和占星學。

他在30歲時回到波蘭生活，當時亦是基督教會分裂成天主教和新教的時候。他曾當政府行政官、醫生和天主教會的法政牧師。然而，他仍不減對天文學的興趣，並花不少工餘時間豐富自己對天文學的認識。

尼古拉·哥白尼 (1473–1543) ▶

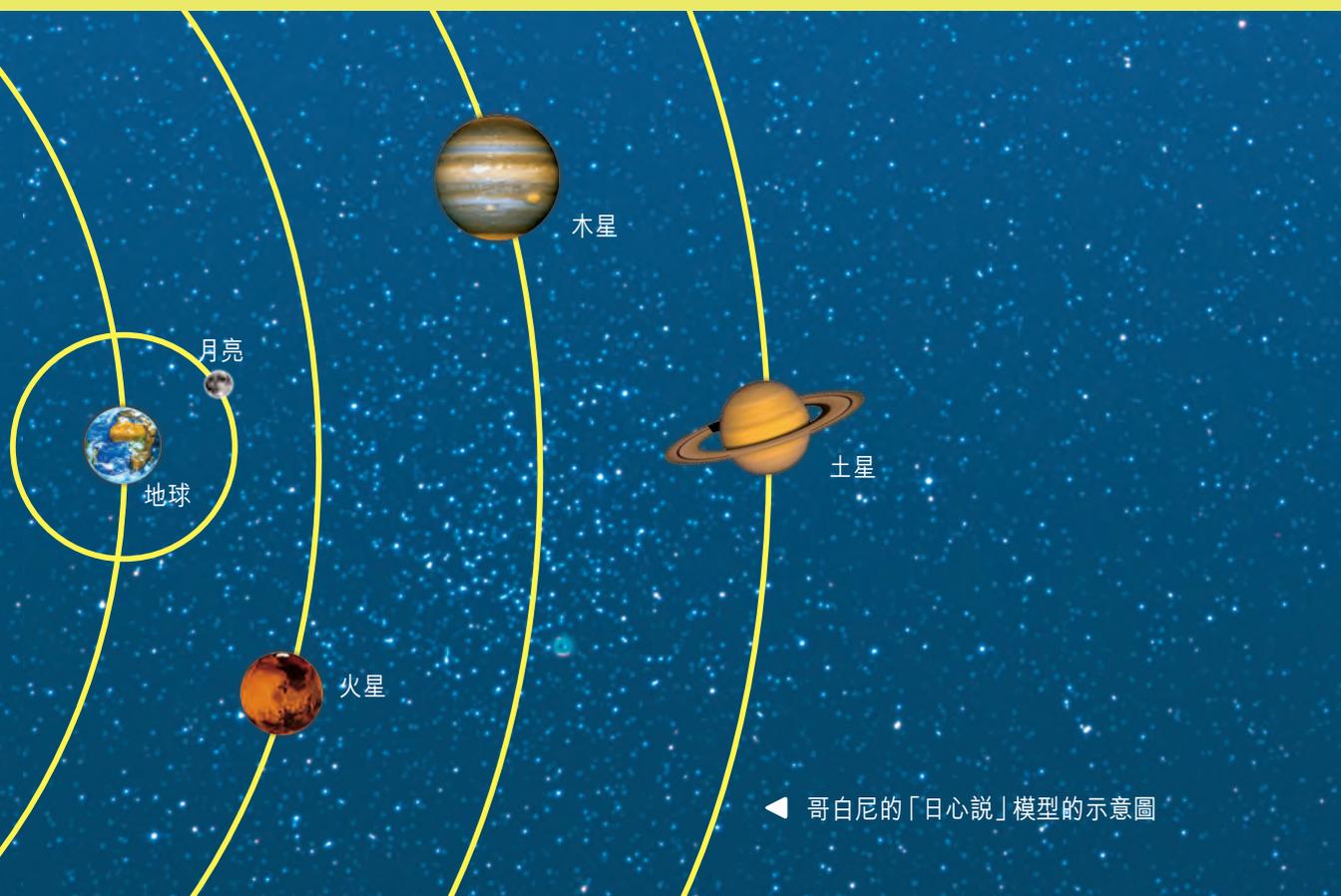


哥白尼根據自己的觀察和其他天文學家所得的數據，在《天體運行論》（於1543年出版）一書中提出了一個新的宇宙模型。



其實早在1520年代，哥白尼就已經建構好他的理論，但因為擔心這會引起與教會的衝突，所以沒有發表他的研究成果。有傳他在臨終時，才在病榻上收到這書的印刷本。

在這本書中，哥白尼斷言太陽是位於太陽系的中心，所有行星（包括地球）都圍繞着太陽運行；地球每天也以自己的軸心自轉，而月球則圍繞着地球旋轉。



這個以太陽為中心的宇宙模型比托勒密的更好，因為它有精密的計算支持，亦能解釋更多有關天體運行的現象和數據。

教會的反應

儘管哥白尼抱有擔憂，但其實他的書當時並沒有引起任何騷動。其中一個原因是，這本書以拉丁文撰寫，而且大多數人都不懂書中所提及的運算技巧。因此，只有少數人(例如專業天文學家)能夠理解書中的內容和論點。此外，許多人都嘲笑他的想法，因為並沒有證據顯示地球正在移動。

隨着時間的過去，哥白尼的想法逐漸得到更多人接受；與此同時，教會亦開始擔心這想法可能對基督教信仰不利。在1616年，《天體運行論》被教會列入《禁書索引》，到1835年才獲得解禁。由於《禁書索引》中列出的書籍是被認為會窒礙靈性的，因此，若未經主教允許，天主教徒不得翻閱這些書籍。

然而，因為這本已被印刷的書籍早已給不同國家的人閱讀了，所以教會無法阻止「日心說」的傳播。哥白尼的想法為日後重大的科學進步揭開了序幕，亦標誌着科學革命的開始。



◀ 哥白尼的《天體運行論》



思考園地

- 1 在托勒密的模型中，太陽與地球有甚麼關係？這種關係是觀察所得的結論嗎？
- 2 托勒密和哥白尼的模型有甚麼主要分別？
- 3 為甚麼最初很多人難以接受哥白尼的理論？
- 4 為甚麼一些人形容哥白尼為「轉動了地球、定住了太陽的天文學家」？

想一想

- 5 為甚麼哥白尼不願意在 1520 年代發表他的想法？你認為他為甚麼在臨終時終於同意發表他的想法？
- 6 《天體運行論》於出版 60 多年後，即 1616 年，才被教會列入《禁書索引》。為甚麼教會等了那麼久才要打壓哥白尼的想法？

想一想

- 7 當「日心說」在 16 世紀首次被提出時，社會並不接受。然而，到了 17 世紀末，這理論卻獲廣泛接納。你認為人們的態度為甚麼會有這樣的變化？

詞彙

天文學

astronomy

占星學

astrology

天體

heavenly body

宗教與科學之戰

伽利略的早年生活

伽利略·伽利萊在1564年於意大利比薩出生。他的父親既是一位音樂家，也是一名商人。當伽利略只有25歲時，便獲任命為比薩大學的數學教授。數年後，28歲的他成為了帕多瓦大學的數學教授，並在那裏工作了18年。在這段時間，伽利略作為優秀的數學和物理教師，建立了一定的名望。

以望遠鏡觀察事物

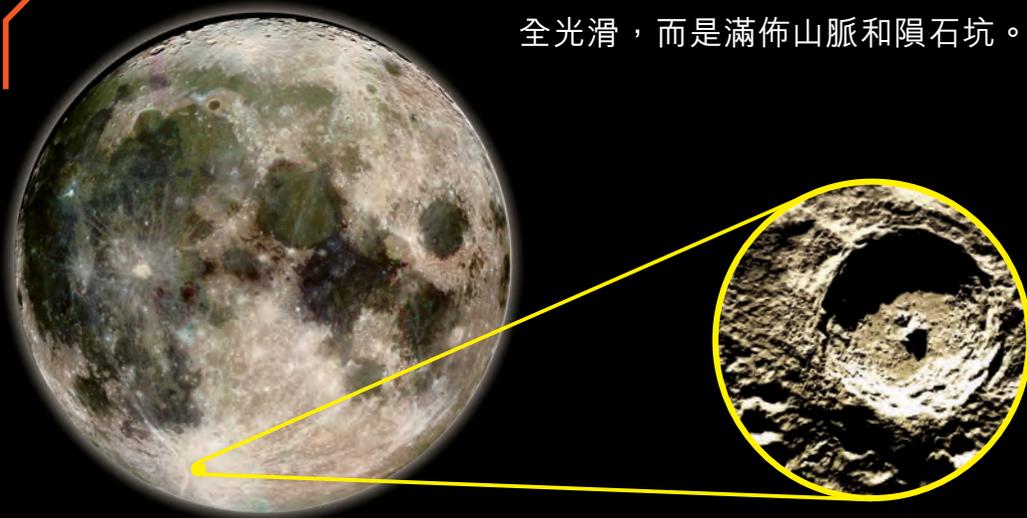
在1609年，伽利略建造了一台可把物件放大20倍的望遠鏡。這台望遠鏡比當時任何望遠鏡都有更強功率。他用望遠鏡觀察星空，發現宇宙跟天主教會所描繪的模型完全不同。天主教會的模型由亞里士多德和托勒密提倡的，根據這模型，地球是宇宙的中心，而天體（包括太陽、行星和恆星）都圍繞着地球旋轉；地球表面滿佈山脈和峽谷，凹凸不平，但天體則是完全光滑的球體，依循絕對的圓形軌跡運行。

▼ 伽利略與他的望遠鏡



伽利略用他的望遠鏡觀察，發現：

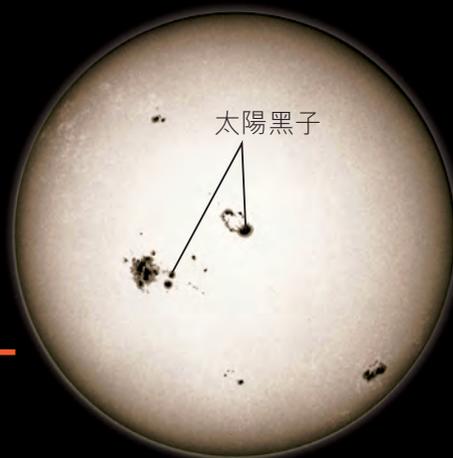
1 月球表面並非如大多數人認為的完全光滑，而是滿佈山脈和隕石坑。



2 木星有四個衛星。



3 太陽的表面有黑點，稱為「太陽黑子」。



4 銀河系由大量星體組成。



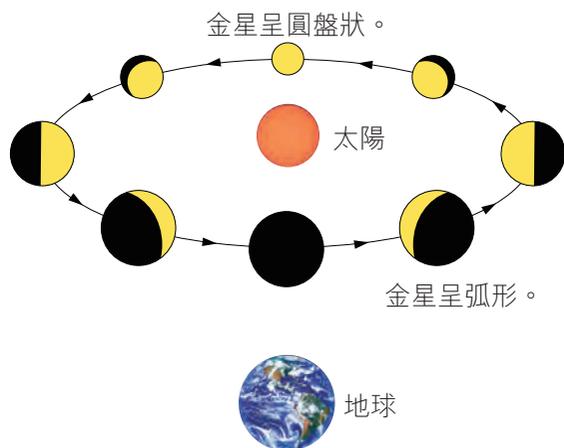
5

金星的相與月的相相似。這種表象的變化只能是因為金星圍繞太陽(而非地球)運行。

▼ Galileo with his telescope

在1610年3月，這些望遠鏡觀測的結果被收錄在一本名為《星際信使》的小書中，除了為哥白尼提出的「日心說」提供了強而有力的支持，亦反駁了教會的「地心說」。

在伽利略觀測到這現象之前，其他科學家已經想到：如果日心說是正確的，那麼金星必須能呈現相位變化(盈虧)。伽利略對金星盈虧的發現展示了科學性思考的過程——先提出假說，然後基於假說作出預測，隨後藉觀察驗證預測。



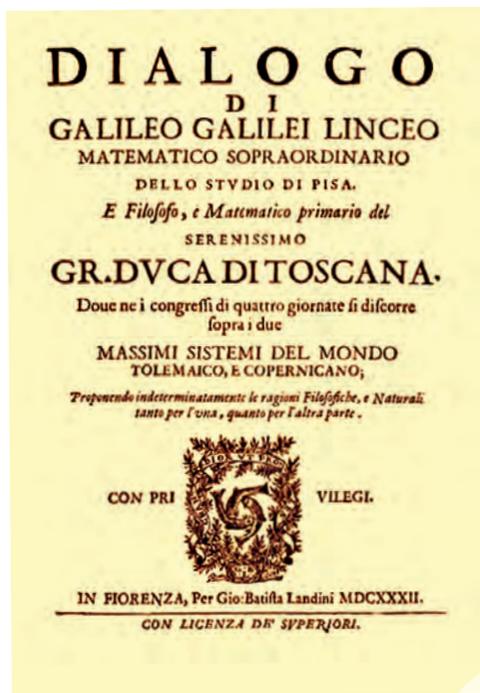
▲ 日心說可以解釋金星的盈虧。

科學與宗教的衝突

天主教會拒絕接受從望遠鏡觀察得來的證據，並聲稱這些都是因為望遠鏡的鏡片扭曲了影像。在1616年，教會得出結論，認為日心說「愚蠢而荒謬……並且是不折不扣的異端邪說」，而且「在信仰而言是錯誤的」。教會決定伽利略不得抱持或捍衛這個觀點，亦不能將哥白尼提出的體系傳授他人。

在1623年，教宗逝世，一位對伽利略較寬容的新教宗繼任。伽利略獲准以持平的方式討論這個問題。在1632年2月，他出版了一本著名的書：《關於托勒密和哥白尼兩大世界體系的對話》。在這本書中，伽利略分別提出了支持托勒密和哥白尼體系的論點和論據。然而，托勒密的觀點在伽利略的筆下顯得幼稚而荒謬。

《關於托勒密和哥白尼兩大世界體系的對話》一書的封面



伽利略在羅馬接受審判

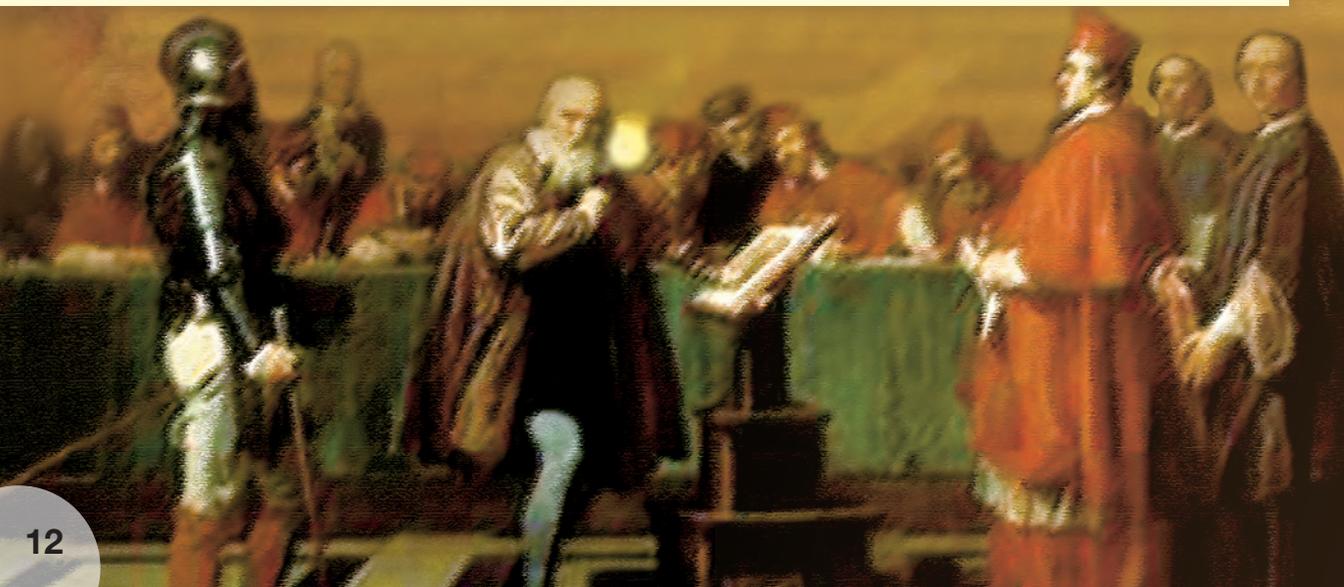
教宗非常憤怒，他傳召伽利略到羅馬接受審判。伽利略當時已是個69歲的老人，身體狀況很差。在羅馬時，他提出了一個更好的論據來支持哥白尼體統，但無法證明地球在移動。在審判結束時，伽利略被迫公開承認自己不應在書中宣揚哥白尼的見解，並承認地球沒有在移動，但有人聽到他自顧自嘀咕道：「但是，它確實在移動。」他的書被禁，餘生也被禁足在家中。在1642年，他在位於佛羅倫斯南部的阿切特里的家中逝世。

伽利略後來被天主教會接受

在1835年，即200多年後，伽利略的《對話》一書從教會《禁書索引》中移除。在1992年，即伽利略逝世350年，教宗若望·保祿二世為過往教會譴責伽利略發佈異端邪說發表道歉聲明，並總結說教會當時將科學研究和信仰教義混為一談，實是錯誤的。他亦說：「聖經內並沒有明確的科學真理，只會用比喻方式談及相關的事物，例如太陽的創造與運動」。

教會為了替這偉大的科學家恢復名譽，計劃在梵蒂岡花園中豎立一座伽利略的雕像。

▼ 伽利略在羅馬接受審判。



思考園地

- 1 在 17 世紀，有甚麼證據支持「地心說」這個宇宙模型？
 - 2 伽利略觀測到月球的甚麼現象，令托勒密的模型受到質疑？
 - 3 觀測金星為甚麼能找到支持日心說的證據？
 - 4 為甚麼教會在 1616 年得出日心說「在信仰而言是錯誤的」這結論？
- 想一想**
- 5 「日心說」意味着地球是在移動而非靜止的。若此言屬實，如果在高空中的熱氣球上把石頭拋下來，石頭將會落在哪個位置？
 - 6 根據教宗若望·保祿二世的說法，為甚麼教會譴責伽利略是錯的？
- 想一想**
- 7 教宗若望·保祿二世說：「聖經只會用比喻方式談及相關的事物，例如太陽的創造與運動。」這觀點能夠解決科學與宗教的衝突嗎？

● 詞彙

太陽黑子
銀河系
相

sunspot
Milky Way
phase

以哈雷命名的彗星

看似變幻莫測的彗星

你見過夜空中的**彗星**嗎？這些天體基本上由帶有灰塵和氣體的冰球組成。當一顆彗星接近太陽時，冰球會開始融化並且蒸發。我們從地球上看到的彗星尾巴，便是冰球釋出的氣體和塵埃。尾巴都是指向太陽的反方向，更可能長達數百萬英里。

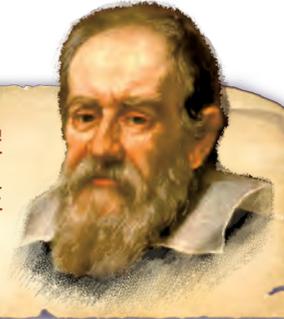
彗星沿着**橢圓軌道**運行，它們時而接近太陽，時而遠離太陽系並深入太空，而只有當它們靠近太陽時，我們才能見到。因此，在人類發明望遠鏡之前，彗星都看似是在天空中無端出現，然後在幾天到幾周後消失。這與行星和流星完全不同：行星是規律地在天空中運行；流星則是空間物質因進入大氣層時燃燒而產生的明亮火光，只會出現一瞬間。

人類已觀察彗星數千年了。阿茲特克、瑪雅和印度文明的歷史中都記載了彗星的出現。中國人更記錄了超過600顆彗星的出現，其中一些紀錄更可追溯至公元前2315年。在很多風俗文化中，彗星被視為不祥之兆，預言着國王駕崩或災難來臨。

用望遠鏡觀察得出的發現

在15和16世紀，歐洲的天文學家發現彗星的尾巴總是指向背離太陽的方向。這發現其實早於700年前已有中國人提及了。在17世紀初，望遠鏡問世，為天文學的研究工作帶來莫大幫助。以下是一些例子：

伽利略·伽利萊提供了證據，證明天體在太空中自由移動，而不是像古希臘人所提出的，在結晶球體中移動。



德國天文學家祖漢尼斯·克普勒發現，行星沿着橢圓軌道圍繞太陽運行(軌道並非如前人所想的是絕對的圓)，而且行星愈接近太陽，便運行得愈快。



另一位德國天文學家祖漢尼斯·赫維留出版了一本書，書中詳細描述了各種彗星尾巴的形狀。



艾薩克·牛頓提出了「萬有引力定律」，解釋了行星依循橢圓軌道圍繞太陽運行的原因。

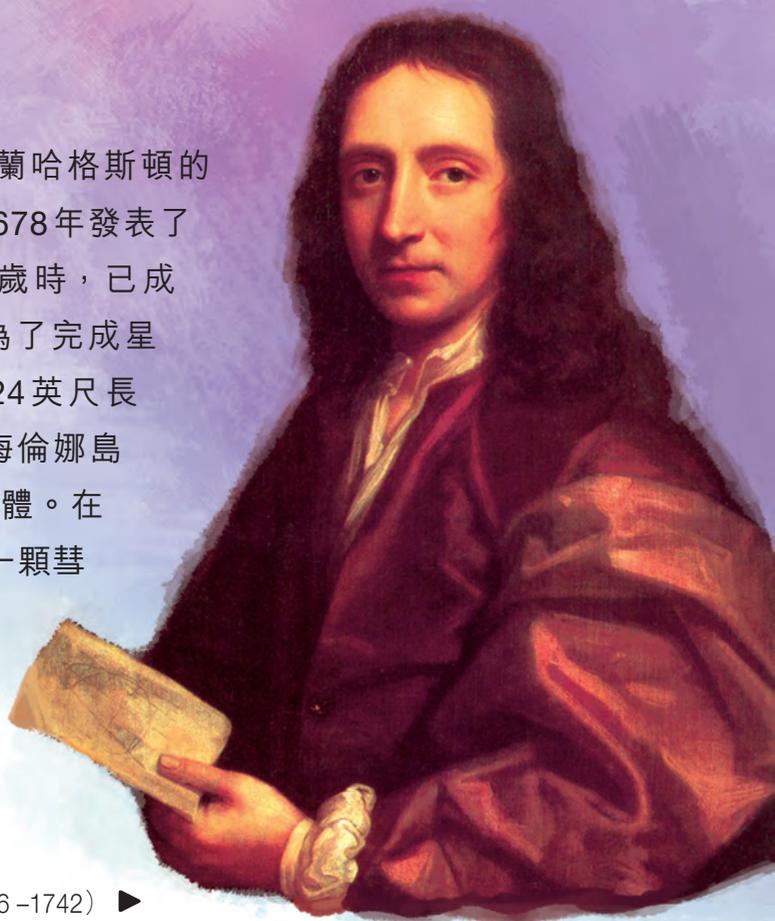


這些發現對英國天文學家愛德蒙·哈雷有很深的影響。

哈雷的早年生活

哈雷在1656年於英格蘭哈格斯頓的一個富裕家庭出生。他在1678年發表了南半球的星表，因此在22歲時，已成了薄有名氣的天文學家。為了完成星表，他花了一年時間，以24英尺長的望遠鏡在南大西洋的聖海倫娜島上觀測，研究了300多個星體。在1680年11月，哈雷觀測到一顆彗星，他在同年12月發現了另一顆彗星，在1682年再發現了一顆更亮的彗星。這些發現引發了哈雷研究彗星的興趣。

愛德蒙·哈雷(1656-1742) ▶



提出有關彗星的理論

哈雷相信牽引着行星在軌道上運行的力，也在牽引着其他天體，包括彗星。於是，他應用克普勒和牛頓提倡的定律來分析1337年至1698年間彗星出現的紀錄。

結果，他計算了每顆彗星最接近太陽的點、彗星軌道相對於地球軌道的角度，以及太陽周邊的彗星的軌道。在17世紀，電腦還未問世，所以，這其實是一項非常艱巨乏味的工作。

哈雷發現大多數彗星之間都沒有關係：它們不是沿着相同的軌道走。可是，他亦發現到一個例外——在1531年、1607年和1682年出現過的彗星都具有相同的特徵。哈雷推想這些紀錄都屬於同一顆彗星，而這彗星的軌跡周期大約是76年。為了驗證他的想法，哈雷再翻查歷史紀錄。他發現在1531年以前，有顆彗星在75年前(即1456年)曾經出現，亦在390年前($78 \text{年} \times 5$)的1066年曾經出現。

起初，哈雷很不明白，為甚麼同一顆彗星的軌跡周期會在75年到78年不等？他後來推斷出，太陽和行星之間的引力，應該在彗星和行星之間也找到。因此，行星的引力可能影響着彗星的運動，導致彗星的周期存在些微變化。

預測哈雷彗星回歸

根據這假說，哈雷預測1682年出現的彗星將在76年後，即1758年再次出現。雖然他未能活着見證這一點，但那彗星確實如他所預料的出現了，而這彗星現在是以他的名字命名。哈雷於1742年逝世，享年85歲。表1顯示了哈雷彗星出現過的日期。

▼ 哈雷彗星

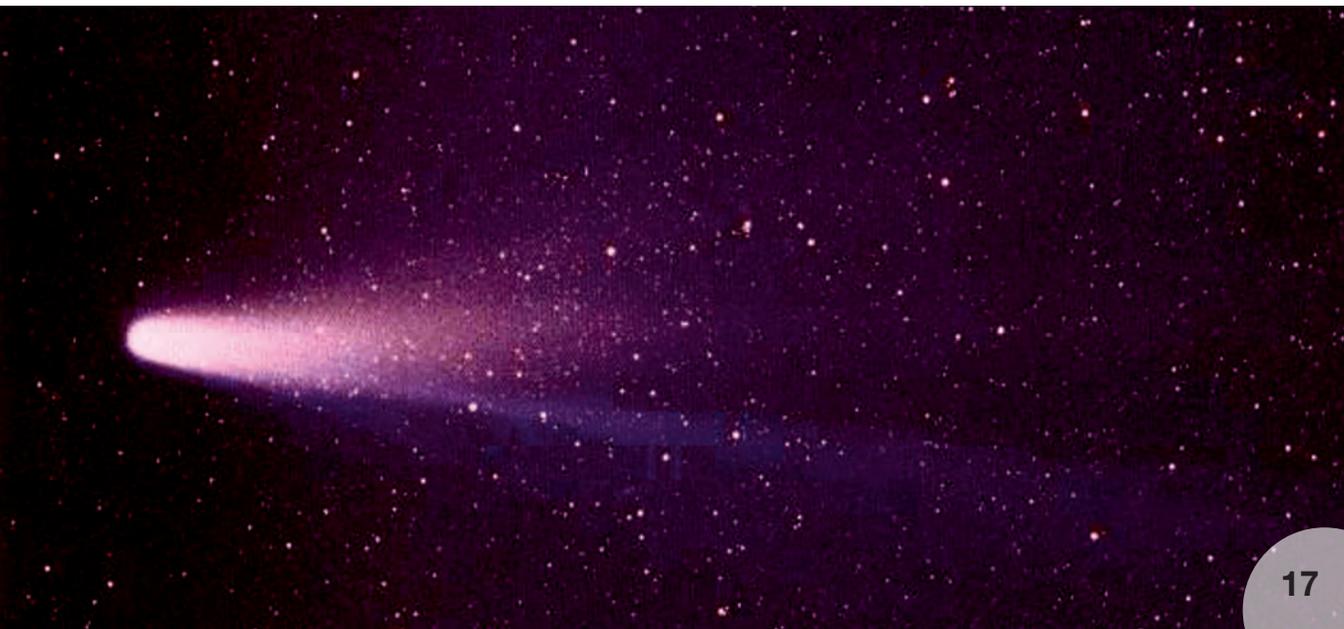


表1 歷年觀察到哈雷彗星出現的紀錄

公元前 240 年 5 月	公元 837 年 2 月
公元前 164 年 11 月	公元 1066 年 3 月*
公元前 87 年 8 月	公元 1145 年 4 月
公元前 12 年 10 月	公元 1222 年 9 月
公元 6 年 1 月	公元 1301 年 10 月
公元 141 年 3 月	公元 1378 年 11 月
公元 218 年 5 月	公元 1456 年 6 月*
公元 295 年 4 月	公元 1531 年 8 月*
公元 374 年 2 月	公元 1607 年 10 月*
公元 451 年 6 月	公元 1682 年 9 月*
公元 530 年 9 月	公元 1758 年 3 月
公元 607 年 3 月	公元 1835 年 11 月
公元 684 年 10 月	公元 1910 年 4 月
公元 760 年 5 月	公元 1986 年 2 月

* 哈雷在他的計算中用到的彗星到訪日期

彗星的軌道

彗星在數千年前已被發現，但在17世紀以前，彗星都是被視為變幻莫測的物體，而它們的出現都被認定是不祥之兆。哈雷應用伽利略、克普勒和牛頓提出的學說和定律來分析天文觀測的結果，成功證明彗星並非轉瞬即逝的天體。彗星與行星相似，都是沿着明確的軌道圍繞太陽運行，而軌道同樣依循萬有引力定律。然而，與行星不同，彗星的軌道是相當長的橢圓形。因此，它們可能需要很多年才能重返太陽附近，重現我們眼前。



▲ 哈雷彗星與其他行星的軌道比較



思考園地

1 彗星的外觀有甚麼特別？

想一想

2 為甚麼以前的人認為彗星是不祥的預兆？

想一想

3 在 17 世紀時，望遠鏡對彗星的研究有甚麼重要性？

4 為甚麼哈雷認為在 1531 年、1607 年和 1682 年出現的是同一顆彗星？

5 哈雷為了驗證他的假說，作出了甚麼預測？預測結果準確嗎？

6 為甚麼哈雷彗星的周期會略有變化？

7 上一次我們看到哈雷彗星時，是在 1986 年。假設哈雷彗星圍繞太陽運行一次需要 75 至 76 年，我們最快在甚麼時候才能再看見哈雷彗星？

詞彙

彗星
橢圓軌道

comet
elliptical orbit

程度 1

- ▶ 健康與疾病
- ▶ 密度與壓力
- ▶ 能量
- ▶ 窺探微型世界



程度 2

- ▶ 電與磁
- ▶ 生理學與醫學
- ▶ 空氣與氣體
- ▶ 公共衛生



程度 3

- ▶ 通訊科技
- ▶ 放射性與輻射
- ▶ 光、聲與波
- ▶ 合成材料



程度 4

- ▶ 基因與進化
- ▶ 原子理論與元素週期表
- ▶ 力、重力與時空
- ▶ 天文學



© 時信出版（香港）有限公司 2019

名創教育出版

香港北角屈臣道 2-8 號海景大廈 C 座 9 樓

電話：(852) 2481 1930 | 傳真：(852) 2481 3379

電郵：genoffice@mceducation.com.hk

網址：<http://www.mceducation.com.hk>

名創為時信出版有限公司之註冊商標

第一版 2019 年

未經本版權持有人允許，不得翻印、儲藏於可重現系統，或以任何方法及形式（電子、機械、影印、錄音等）傳播本書任何部分。如需申請批核，須事先致函時信出版（香港）有限公司。

我們的科學家 天文學 —— 程度 4

ISBN 978-988-8629-53-4

編著 葉殿恩

我們的 科學家 — 天文學

概念與實證

我們的科學家

天文學

程度 4



Marshall Cavendish Education
名創教育

ISBN 978-988-8629-53-4



9 789888 629534