

中華科學叢書第二種

# 天文漫談

著者：沈君山

臺灣中華書局印行



談 漫 文 天

(天 文 物 理)

著 者 沈 君 山

行 印 局 書 華 中 華 灣 臺

中華民國六十八年一月八版

中華科學叢書第二種

天文漫談(全一冊)

基本定價：壹元貳角正

著者 沈君山

中華科學叢書編輯委員(以姓氏筆劃為序)

伍法岳	沈君山	沈慶春	李天培
林多樑	吳京生	吳家璋	吳錦鉉
夏道師	浦大邦	許翼雲	趙曾珏
劉鑒	劉全生	鄭伯昆	錢致榕
瞿樹元			



發行人 熊鈺生

臺灣中華書局股份有限公司代表

臺北市重慶南路一段九十四號

行政院新聞局版

台業字第捌叁伍號

臺灣中華書局印刷廠

臺北市重慶南路一段九十四號

印刷者

發行處

甲書

No. 8074

(貴·廠)

# 中華科學叢書序

近代物理學，可溯源於十九世紀末年之氣體導電，X光，放射性等之研究。六十餘年來，基本物理中劃時代之發展，如一九〇〇年之量子論，一九〇五年之相對論，一九一三年之原子結構理論，一九二四——一九二八年間之量子力學，一九三幾年之原子核物理，一九三九年之原子核分裂。一九四六年介子之發現，及近十餘年來之基本粒子物理及物理學中之對稱定律等。常言「一日千里」，實不足以形容物理學發展之迅速。即從事一部門物理研究工作之學者，對其他部門之新發展亦時感脫節。故各國各部門科學皆有專書及期刊，由各門專家著述，對各部門工作之結果及發展之情形，作綜合性之報告、檢討及分析。此類著作，不僅便利同儕而已。

年來國人對科學及技術於建國之重要，了解漸深，一般青年，對科學、工程技術之興趣亦日趨濃厚。然限於環境，時或有望洋興嘆之感。增強在臺學校中科學教程，固為一基本工作，但以中文著述，介紹科學之新發展，為學校課外之補充讀物實為一極重要、極有意義之事。

我國留美學⼾：伍法岳、沈君山、沈慶春、李天培、林多標、吳京生、吳家瑋、吳錦鉉、夏道師、浦大邦、劉鑒、劉全生、錢致榕、瞿樹元諸先生有鑑於此，曾決定從事科學叢書之編譯，各就其專長，選定寫作部門，目前除計劃於近期內陸續出版關於基本粒子，天文漫談，量子電子學，液態氮，高能加速器等五種外，並擬擴大科學部門，廣邀各方面學者專家從事著述。

叢書編輯委員會諸君，皆年青學者，學有專長，茲能熱心從事著述，為我國科學教育及青年效勞；而中華書局亦以服務精神發行科學叢書。筆者年來對我國科學教育，未嘗忘懷，祇以力不從心，無善可述，茲聞此叢書行將陸續出版，謹向國人介紹，並致個人欽佩喜慰之感。

吳 大 猷

一九六六年十月

XXXXXXXXXX

## 自序

XXXXXXXXXX

這本小書大部份是一九六六年秋天在新竹清華大學寫成的。可是它的開始却在四、五年前，那時我剛剛從研究院的物理系畢業，一方面因為對天文感覺興趣，一方面也因為想練習日漸生疏的中文，便着手翻譯 Fred Hoyle 的 *Frontier of Astronomy*。當時也並不一定想出版，所以翻了五章，興盡而止，便塞到箱子角落去了。直到一九六五年夏天，和幾位同學在一塊兒閒談，大家覺得若能有系統的翻譯幾本中文科學叢書，也是有意思的一件事，我便自告奮勇的認定了 *Frontier of Astronomy*。可是那時再去翻翻 Hoyle 的這本書，覺得它到底已經出版了八九年，天文學上許多有趣的新發展，都沒能包括進去。因此，趁去年秋天在國內教書之便，把已經譯好的五章，抽出一部份，縮成第一和第二兩章。第三章以後的材料便大致根據在清華研究生開的天文物理一課的筆記，只不過把一些用到數學的部份抽去而已。

這本書是——我想其他的中華科學叢書也是——以一般學科學的大學生和研究生作對象的。其目的在為大家介紹一個日新月異園地的面目，其中提到的理論和學說，都是時下為大多數天文學家所接受的。但這並不表

示這些理論就絕對正確。在天文學中，判辨學說真偽的試金石是觀測，但是觀測只能鑑別既成的事實，不像實驗可以選擇客觀的條件。舉一個例：有名的站 60 實驗，由對稱的電流對鈾核子的影響，推翻了左右對稱定律。但是這個實驗之所以準確，所以成功，是因為能把其他可能影響鈾核子的作用——例如熱震盪 (Thermal agitation)——事先除去。但是天文的觀測便沒有這樣的幸運，譬如相對論最重要的證據，便是水星的歲差 (Precession)，每世紀是 43 秒。影響水星歲差的，並不止相對論這一因素，其他太陽本身質量的分佈，別的行星的運動等等，均會使水星產生歲差，事實上觀測所得的歲差，是每世紀 574 秒，根據計算，其他因素“應該”產生的歲差，加起來是每世紀 531 秒，兩者之差每世紀 43 秒，正好是相對論推算出來的結果。但是這些其他的因素是不是一定產生“應該”產生的歲差呢？最近的一個實驗發覺太陽並不如想像中的圓，而是稍微有些扁，雖然扁的程度只有十萬分之五，但受此影響，水星的歲差應該增加三秒半和相對論推算出來的結果有 8% 的誤差。這一項觀測當然震撼了相對論的基礎，是不是能推翻它，則尚言之過早。因為太陽系中能影響水星歲差的因素太多了，目前的觀測和計算有沒有把這些因素都包括進去，而且準確到百分之八以內，尚成疑問。假若天文學家也能像實驗室中的物理學家一樣，把太陽換成一個事先量好的標準圓球，把太陽系中其他的物質（包括行星）取走，再來量水星的歲差，那麼相對論是否正確的問題很

快就可以解決了，只可惜天文學家的圖地是一個造好的既成的宇宙，凡人是不能動其分毫的！

這一個例子說明由觀測來鑑別理論，有其客觀的限制。當一個現象初發現時，一定有許多不同的理論出現，隨着觀測事實的增加，結論和事實矛盾的理論逐步淘汰，最後剩下一個或幾個和已知事實並不正面衝突的理論，成爲當時流行的學說，這些學說，因爲能解釋和預測在當時能觀測的事實，所以在當時是對的。但是隨着時代和技術的進步，新的更精微的觀測也許要改正也許就根本推翻了舊的學說。這一個現象在自然科學的進展中是常見的。不過天文學中以觀測代替實驗，更爲明顯而已。

本書完稿之後，承丘宏義君過目，改正一些錯誤並提出許多寶貴的意見，謹在此誌謝意。

一九六七年二月於普度大學



※※※※※※

## 再版序

※※※※※※

趁再版之便，除了改正一些初版時文字上的錯誤外，在書末更附了一批參考書，並且略加介紹。其中大多數都是大學程度的課外讀物，少數比較專門一點的也都註明，以便讀者選擇。

一九六七年七月於普大

※※※※※※※※※※※※※※※※  
**天文漫談目錄**  
※※※※※※※※※※※※※※※※

自序	
再版序	
楔子	1
第一章 我們的地球	8
第二章 天文學的物理基礎	20
第三章 行星，星球，和星雲	36
第四章 星球的成長	58
第五章 星球的死亡	72
第六章 量天術	82
第七章 現代天文的新天地	91
第八章 宇宙線	96
第九章 無線電波天文學	109
第十章 宇宙論	119
本書中幾個容易混淆名詞的中英對照	137
索引	139
參考書	144

XXXXXXXXXX

## 楔子

XXXXXXXXXX

我國自古以來，一直以爲天者神也。神明一舉一動，決定人間一得一失。故易曰：「天垂象，見吉凶，聖人象之。」尙書曰：「天聰明自我民聰明，……得失雖微罔不昭著。」是故觀察天文可以藏往知來，開物成務。天官之設，相傳起自黃帝；史記所謂：「黃帝考定星曆，建立五行，起消息，正閏餘，於是有天地神祇物類之官，是謂五官，各司其序不相亂也。」以後代代相傳，以迄清季，未嘗或闕。天官既司天，而天子雖曰至尊，到底還不過是天的兒子，故天官可代天責子。一羣流星，一次日蝕，均可令帝王失色，制止他的一些妄行。洵至近代，科學發達，人人均知日月星辰不過是羣沒有生命的物質，於是對天的尊敬大減。在一般人心目中，天文也者變成一門研讀虛無飄渺天外之天的玄奧學問，而與日常實際生活毫無關係。其實古代的「人間得失雖微，天上罔不昭著」這一觀念固然不正確，今人的天外風雲全無關人間禍福這一看法也並不盡然。舉一個例：晚上天是黑的，這是我們每天一遍的經驗，人人習以爲常不以爲怪。若是我問你：「晚上天爲什麼會黑？」你也許會回答：「因爲太陽下山了，地球把陽光擋着，光線照不到我們，所以天是

黑的。」我若再追問你；「太陽照不着，但還有那麼多星星照着，爲什麼星星不把天空照亮？」

真的，星星爲什麼不把天空照亮？一般人直覺的會回答；星星那麼遠，那麼黯淡，當然照不亮天空了。但是一個科學家是不肯輕易相信直覺的，也不肯輕易的被“當然”兩字把眼睛障住。二百年前有一位叫奧培爾 (Olbers) 的就把這一問題仔細的想了一遍，他得出一個驚人的結論，後人稱之曰奧培爾謎 (Olber's Puzzle):「若是根據常識的推理，晚上的天空不但不應該黑，而且應該比現在的白天還要亮得多，亮到地球上任何生物用不着半秒鐘就全熔爲烏有。」

讓我們看看奧培爾怎樣推出他的結論。天上能夠看得見的星星都是像太陽一樣的恆星，這些恆星都能自行發光，照實驗室裏的定律來說，一個不動的發光體的亮度是和它的距離平方成反比的，換句話說，假若它的發光強度是  $L$ ，它和你的距離是  $R$ ，那麼在你眼中看來，它就有  $L/R^2$  那樣亮，這條定律中學生在物理實驗課裏就會用本生燈來實驗證明過。

再假設太空間星球的密度和它的發光強度並不因距離我們遠近而有所改變，它們的平均密度是  $n$ ，平均發光強度 (Luminosity) 是  $L$ ，那麼從地球上向四週看去在距我們  $R$  之遠的球殼上就應該有  $4\pi R^2 n$  個星，這麼多星一齊照着地球，從地球上看來，平均每個星的亮度 (apparent brightness) 應是  $L/R^2$ ，所以整個球殼的亮度是  $4\pi R^2 n L/R^2 = 4\pi n L$ ，亮度竟與距離無關！無論

這球殼有多遠，在地球上看來，它的總亮度都是一樣！這當然是因為愈遠的球殼面積愈大（和距離平方成正比），因此球殼上星星的數目也愈多，但是每顆星的亮度愈弱（和距離平方成反比），兩兩相消，在地球上每層球殼的亮度都一樣了，但是宇宙若是無窮，一層層往外推去，球殼的層數也無窮，好像一個無邊的洋蔥，剝了一層還有一層，既然每層的亮度都一樣，這麼無窮的層數加起來，星星照在地球上的總亮度豈不也是無窮，比太陽還要亮多了！

這結論當然不對，因為事實上晚上天是暗的。讓我們看看在這推理的過程中出了什麼毛病。

我們一共作了下面幾個假設：

一、太空中星的密度是均勻的，不因距地球遠近而有所改變。

二、星球本身的平均發光強度不因距地球遠近而有所改變。

三、無論多遠的星，它的光都可照到地球。

四、星照在地球上的亮度和星與地球間距離之平方成反比。

若是這四個假設都對，那麼根據這四個假設推出來的“晚上天是亮的”這一結論應該也對，現在既然晚上天不亮，這四個假設中至少有一個出了毛病。

先看第一第二兩個假設，星的平均密度和平均發光強度若與地球的距離有關，那表示地球在宇宙間處一特殊地位，離它近的就亮些遠的就暗些。自從哥白尼和伽

理略在十七世紀奠定天文物理的基礎以來，天體平等的信念差不多已成科學家的金科玉律，就好像十八世紀以前的神學家深信地球是宇宙中心，現代科學家深信地球——毋寧說整個太陽系，只不過宇宙的一部份，和其他星球一律平等，並非宇宙中心。這一信念歷經實際觀測的考驗，屹立而不動搖，因此除非有確切的證據，科學家們是不願意去掀翻這一基本信念的。

既然如此，剩下來可以懷疑的只有第三第四兩個假設了。

是不是所有的星無論多遠都可以照到地球呢？譬如說：宇宙的年齡若是有限——例如一億年，那只有在在一億光年\* 距離之內的星球發出來的光才能照到地球。因為在一億光年之外的星球，即使混沌初生時發生的光，到今天也還走不到地球。宇宙的年齡究竟是否有限，迄今尙無定論。但即退一步說，宇宙確有誕生之日，從種種天文觀測的跡象來判斷，它至少也已有十億年以上的年紀，照前述的方法推算，這十億光年內星球的總亮度雖不至於到無窮大，但比現在晚上的星光還是要亮上好多。

如此剝繭抽絲的推演下來，惟一可以研究的就是第四條亮度和距離平方成反比這一假設了，這一假設在實驗室中百試不爽，已經成了定律。但是從地球看太空間的星球，有兩點和實驗室中的實驗不同，第一星光要旅

\* 光年即光在一年內走的距離，是天文學上測量距離的單位，光自太陽傳至地球需八分鐘，所以太陽和地球間的距離是0.000015光年。

行過廣漠的太空才能到地球，有一部份可能會被塵埃吸收，因此亮度減弱，第二對地球而言，星可能並非靜止不動。根據都卜勒效應(Doppler effect)，觀測者和發光體之間若有相對運動。則從觀測者看來，星的亮度和它靜止時的亮度就有不同。

照目前天文學的智識來判斷，第一個因素的影響很小。光線被吸收的份量和塵埃的多少成正比，從太空間塵埃的密度來推算，無論如何也不够減少星的總亮度到比太陽還弱的程度。

至於第二個因素，我們得先瞭解都卜勒效應；一個發光體若是朝着觀測者飛來，則在觀測者眼中，它的發光頻率和發光強度都比它本身的頻率和強度為大，相反的，若發光體遠離觀測者而去，則在觀測者眼中，它的頻率和強度都會降低。讀者諸君若有機會在平交道上被火車攔住，那時等得無聊，不妨側起耳朵來聽聽火車的笛聲，當火車朝平交道開來時，同樣的汽笛，它的聲音聽起來一定比較尖銳(頻率高)，而當火車開過平交道離你遠去時，汽笛的聲音一定比較低沉，火車的速速愈大，其差別也愈大，這就是都卜勒效應。光和聲雖不是一樣的東西，但都有都卜勒效應，相對速度愈大，其效應也愈強。光速是一切速度的極限，當發光體和觀測者間奔離的相對速度小於光速甚多時，在觀測者看來，發光體的強度和頻率都減低了，其減低度和奔離速度與光速之比成正比。當奔離速度接近光速時，在觀測者眼中，發光體的強度和頻率都接近零。

照上述都卜勒效應，若所有星球都遠離地球而去，則地球上看見的星光顯然要比照反平方定律算出來的小許多。但如何又能知道星球們都在遠離我們而去呢？這是因為星球上的各種元素，形成不同的原子，每種原子發出來的光有一定的頻率，若是星球和我們之間有相對速度，則因為都卜勒效應，在我們看來，這些頻率都改變了，由其改變的程度，可以測定星球和我們之間的相對速度，正好像一個有經驗的火車站長，聽聽老遠火車頭的笛聲，就可知道它跑多快了。

天文學家測量遠處天體上元素發光的頻率，果然或多或少都有減小的趨勢，因為紅色是光譜中波長較長頻率較小的一端，這種減小趨勢就叫紅位移 (Red shift)。研究分析之下，愈遠的天體，其紅位移的效應愈大，若用都卜勒效應來解釋，所有的天體都在有系統的遠離我們而去，而且愈遠的跑得愈快\*。十九世紀末的天文學家赫伯 (Hubble) 把觀測的結果歸納出一個公式：

$$v = Hr$$

$r$  是星球或星雲離我們的距離， $v$  是它們奔離的速度。 $H$  是一個常數，約等於 3.3 厘米/每秒光年，這個常數因為是赫伯首先算出，所以也叫赫伯常數。

這真是天文學上一大發現！所有的星球都奔離我

---

\* 事實上紅位移的效應只在觀測很遠很遠的星雲時才顯得出來， $H = 3.3$  厘米/每秒光年，百萬光年以外的天體（銀河系——我們居住的星雲半徑不過四萬光年）奔離速度每秒三十三公里，才勉強可以看得因宇宙膨脹而產生的紅位移。



們，而且奔離的速度和離我們的遠近成正比！粗看起來，這不正表示地球是宇宙的中心嗎？哥白尼以來天文物理學家們辛辛苦苦建立起來的金殿玉堂，這下在基礎上換了一棒，看來是搖搖欲墜了。

還好，理論天文學家們想出了一個圓滿的答案：事實上並非地球是宇宙中心，而是整個宇宙在不停的膨脹。讀者諸君試瞑目想想；一隻大皮球吹飽了氣慢慢漲大，無論從皮球裏那一點（不必要在皮球中心），向四週看去，皮球上所有其他各點都在遠退而去，而其退離的速度正和距離成正比。這樣說來，天體還是平等的，從地球上看來，其他天體固然都遠離我們而去。但從另外一個天體上看來，別的星球（包括我們太陽系）也都離他而去。每個星球星雲都可以以為它自己是宇宙中心，而事實上誰都不是宇宙中心！

宇宙膨脹說是宇宙論裏面很基本的一個學說，以後還要詳細論及。但是就因為宇宙在膨脹，遠處的天體都離我們退去，它們發的光從地球看來都因都卜勒效應而減弱了，而實在太遠的星，無論他發光多強，因為都卜勒減弱效應，我們也看不見，因此晚上的星光才會黯淡如此。千百萬里外一顆顆小小星兒的動向對我們居然有如此影響；若它們都靜止不動，地球早化為塵埃，遑論人類。宇宙膨脹說本是玄之又玄的玄話，但從這兒看來，竟和日常生活息息相關！