

著名世界譯漢

宇宙的膨脹

著 頓 丁 愛
譯 同 太 曹

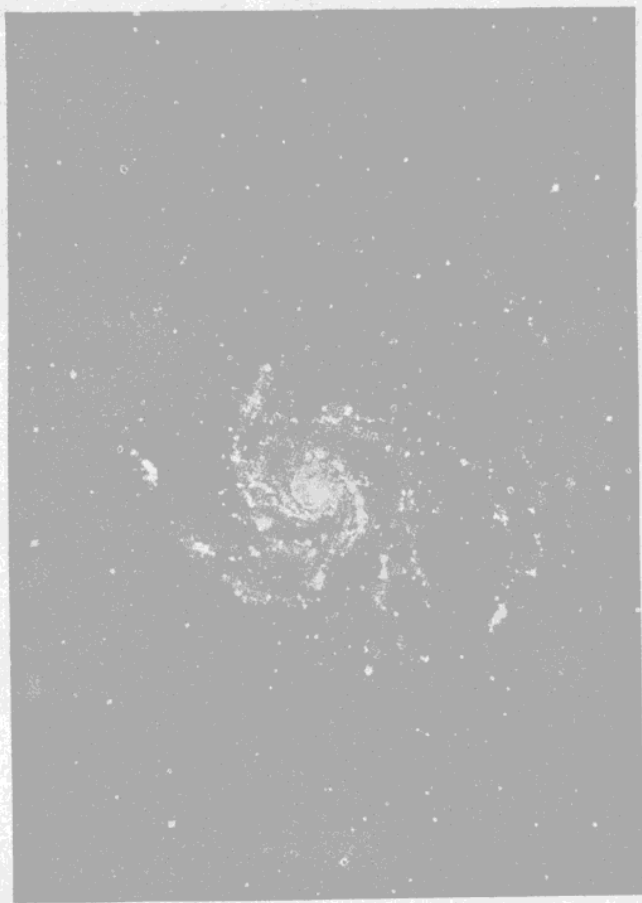
商務印書館發行

A. S. Eddington 著
曹大同 譯

漢譯
世界
名著
著

膨脹的宇宙

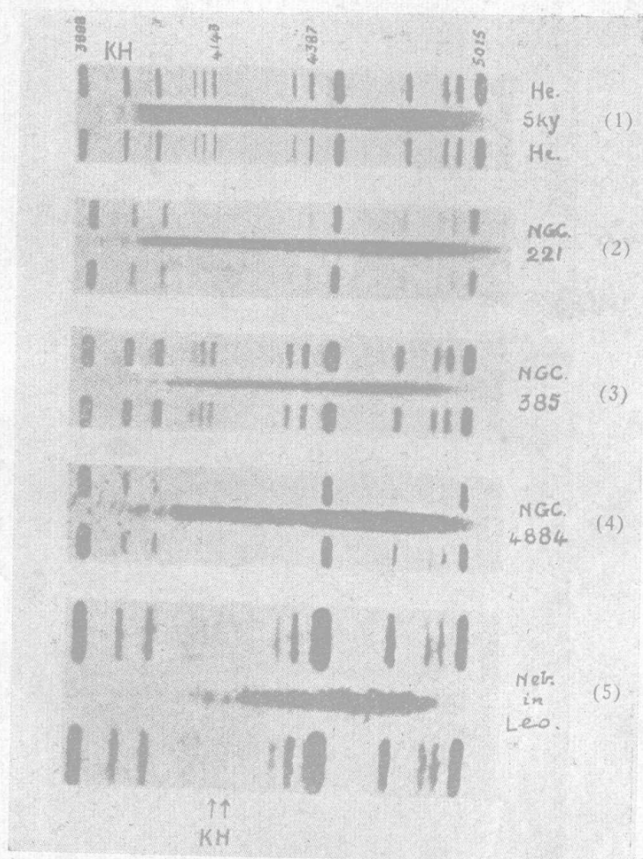
商務印書館發行



第一圖 螺旋星雲 (Ritobey 攝)

大熊星座底 Messier 101 後退速度 300 千米秒。

推算的距離 1,300,000 光年。



第二圖 星雲底光譜 (Humason 攝) 指示光譜線紅向 (向右) 移動, 這個被解釋為後退運動。(1) 星空光, 速度零。(2) N. G. C. 221 速度, -185 呎秒。(3) N. G. C. 385, 速度, $+1900$ 呎秒。(4) N. G. C. 4884, 速度, $+670$ 呎秒。(5) 獅子星底星雲, 速度, $+19700$ 呎秒。

先生們，我要講的是不可思議的東西：但是不要問是什麼；因為假如我告訴你們，我便不是真正的雅典人。每件事是怎樣發生的，我便怎樣告訴你們。

仲夏夜之夢。

譯者序

本書是愛丁頓爵士(Sir Arthur Stanley Eddington 1882—)集合一九三二年的講演而於一九三三年刊行的。著者係英國很有名的科學權威者，精通天文學，理論物理學及相對論，與秦斯(Sir James Jeans)號稱天文學的雙星。至於其生平及著作國內學者會有許多介紹，當然無庸贅述。現在所要說的是他對於宇宙的見解（在本書中所論述者爲限），以及其引證的許多科學者如愛因斯坦、德·色特、拉邁特等底宇宙論。

關於宇宙究爲何種形體的研究在古代自然哲學即有所論述，惟因當時科學知識底缺乏，所以總不免帶許多宗教氣味。及至愛因斯坦相對論出，由其引力法則所解釋的宇宙形相纔引起各方（天文學、物理學以及地質學）的注意及考察。根據愛因斯坦底理論，宇宙中的引力及斥力相平衡，是一個靜的物質體系。但德·色特則主張宇宙中物質底平均密度幾乎等於零，故斥力支配

着整個宇宙而得到星雲後退與其距離成正比的效應。（這個效應雖然與德·色特原來所預言的不同，但爲他底研究所引導，這個在第一章著者有詳細的敘述）。這個宇宙也是一種靜止宇宙底說法。其後福里多曼及拉邁特由數學證明這兩個靜止的宇宙論都不是安定的，而是在膨脹着的體系。著者以宇宙進化底眼光來處理這個問題，採取以上各學者底長處再加以最近天文學的新成果作根據，故能把握住理論底重心。不過這個在他也是一種嘗試，距成功也許還遠；然而他底理論是以前許多學者研究底總匯，我們有討論（也許不配，而祇夠得上去知道）這個的必要。

他認爲愛因斯坦底宇宙有物質無運動，而德·色特底宇宙則有運動無物質，都不合於實際的問題。尤其以後者主張宇宙含有極少量的物質爲一種數學的虛構，而斥爲世界進化底終極。對於愛因斯坦底理想宇宙加以修正，著者採用了森教授底瘡狀宇宙，進而證明愛氏宇宙底安定性是暫時的。他說這樣的宇宙可以變成一個膨脹的體系，也可以變成一個收縮的體系，全視其內在的變化加增了斥力還是加增了引力。但他以爲宇宙是選擇了前者。於是他便從進化爲星雲及恆星的物質底原始分佈裏尋找一個自發的擾動，或者內在的變化。他提出兩個可能的變化。一爲凝

結底形成，一爲輻射（六十三頁）。後者產生較大的引力效應，而打破平衡使宇宙收縮。故著者謂最有力的內在的變化應爲凝結底形成。著者根據拉邁特底研究，認爲在凝結形成之際，將在物質之間產生一種壓力（六十五頁），這種壓力被吸收於凝結體底機構中。這樣一種變化恰與輻射相反而傾向於使宇宙膨脹。森教授也主張宇宙底膨脹，但與拉邁特不同。他計算在他底瘡狀宇宙內的物質總量較愛因斯坦底平衡宇宙中的全質量爲大，於是物質在凝結中重新安排之後，便沒有十分富裕的質量以形成一個平衡分佈；這樣由重力所產生的引力便不足以維持平衡，而斥力遂超過引力，宇宙因之膨脹。但對於計算全宇宙內的物質總量之方法很難可信，故著者贊成拉邁特底主張。但他對於進化的觀點和拉氏底見解略有出入。

著者主張宇宙最初在愛因斯坦底宇宙（但此宇宙應是瘡狀的）狀態中，「萬物底原始狀態是擴散力非常之大的而充滿一切球狀空間的電子與質子底一種均勻的分佈；並且在它底先天的不安定性未發生以前，這個分佈狀態差不多經過一個長的時期保持平衡」（六十九頁）。此後由於宇宙徐緩的進化，產生凝結作用。這個作用如前所述，再產生膨脹；於是膨脹自動地增加速

度，一直成爲現在所見的螺旋星雲底後退。他對於這個理論尙舉有許多淺明的例子，以爲說明之助。其成功自較其他的理論爲多。（五十五頁——八十頁。）

至於本書內容，著者已在原序中大體述及。茲就其每章論題摘要地說一點。著者在第一章先講德·色特所預言的螺旋星雲底後退現象及由此所發見的星雲後退速度與距離成正比的效應。其次說到觀察上所得的星雲光譜線底光變作用（或者紅向移動）；根據都卜勒效應，此種現象指示着星雲光源底後退。在理論上，著者又根據相對論底引力法則，解釋宇宙除牛頓引力外尚有一個與距離成正比的擴散力，或者稱爲宇宙斥力。第二章主要的是討論處理膨脹宇宙最必要的閉合的球狀空間，故談的一切比較高深些。其次著者列舉各學者，如愛因斯坦、德·色特、福里多曼、拉邁特、森教授等底宇宙論而加以批判，進而說明他自己對於膨脹宇宙的理論及見解。在第三章，著者提示出許多宇宙特徵，如宇宙半徑及其內所含物質之總質量等；及膨脹宇宙之種種形相及性質。在這三章裏，著者以相對論爲主而討論宇宙底膨脹，但至第四章則綜合相對論與波動力學二者以處理膨脹的宇宙。此外他更談到質子與電子底質量比，證明這個比值等於宇宙常數，而

使宇宙與原子之間有了實際的關聯，以明示物理宇宙底完整性。最後，著者以「科學底工作室」爲喻，謂這個理論仍在模糊地製作中，將來在完成時是個什麼東西那便不可推知了。

著者以富有描寫性的例證，生動的筆法把高深的理論盡可能地使之通俗化而寫成此書；全書內沒有很難懂而生硬的數學公式，這是使一般讀者不發生困難之唯一好處。至於文字底流利，但凡讀過他底著作的人便知道，但是因爲譯者對於本書理解力底低微，以及翻譯能力底薄弱，使有許多地方過於牽強乃至失去原意，這是非常抱歉的。望讀者諸君鑒原。

此外譯者尚有許多杜撰的地方，比如「macroscopic」scale 譯爲「羣體」尺度，「microscopic」structure 譯爲「微體」構造，geoid 譯爲地質球體等，這是因爲中文無相當譯名緣故。最後一個譯名譯者已有附註，至於前二者茲大略解釋於此。「macroscopic」及「microscopic」二字在字面上講前者爲肉眼可見的，或巨視的（日譯語），後者爲顯微鏡可見的，或微視的（日譯語）。不過在統計力學（statistical mechanics）所講的 macroscopic state 及 microscopic state 中，這兩個字底含義便不那樣簡單了。前者乃指可以用普通儀器測定的量，

如壓力、溫度等，所決定的狀態。例如一氣體之 *macroscopic state* 取決於它底壓力及體質。後者乃是視物體底各部分（無論是怎樣小），如同分子、原子等，底位置及運動之情形爲如何而決。於是一氣體之 *microscopic state* 需要組成它的各分子底位置及速度以決定其情形。譯者便是根據這個涵義採譯的。讀者如欲深明此等名詞可以參閱統計力學，或威爾生（*Wilson*）所著近代物理學（*Modern Physics*）六五頁至六七頁。

譯者對於原著中比較專門的術語，盡參考之可能附註於該術語所屬的那一段底後面，至於此外有許多譯者無從參考的名詞那祇好擱置。這也是應該聲明抱歉的一點。

最後，譯者所根據的譯本是一九三三年劍橋大學出版部（*The Cambridge University Press*）刊行的第二版原文本。另外還略略參照了一下村上忠敬底日譯文。

譯者 一九三六、七、二五、東京

序言

這本書是我一九三二年九月在劍橋（麻沙求塞茲州 Massachusetts）舉行的國際天文協會（International Astronomical Union）底某會上所發表的一篇講演詞加以擴充而刊行的。這個也具有其後不久在美國無線電放送的三次連續講演底題材。

我所述的是關於目下正在試驗中的一個見解，即恆星及星雲底全體物質宇宙是在膨脹着，也就是星雲向各方擴散而佔據一個常常在增加的體積。不過我討論這個問題不是以它自身當作一個最後的目的。用偵探小說作比喻來說，這是搜尋犯人底眼線，而不是犯人本身。在我這個故事裏的「暗中作祟的人」（Hidden hand）是宇宙常數。在第四章，我們可以看到膨脹宇宙底研究與其他的探討方法相攜手，因而我們對於這個最難捉摸的自然常數的逮捕漸漸告一段落。

這個是含有特殊興趣的一個題目，因為它正站在天文學、相對論及波動力學三者底交點。任何真正的進步對於此三者都有重要的反應。

我是在講最近的科學的發展，因而理論及觀察兩方面底研究都仍在進步中，而這個進步可以漸次給於我們更多的教訓並且修正我們底觀點。有人也許以為在現階段裏寫關於這些事實的一本書未免失之過早，不過我敢相信，在科學底神祕的故事中，讀者樂聞關於發見以及編纂偵探犯人的許多眼線之興趣當不減於聽犯人底最後的逮捕及審判之興趣。

設有一個錯誤的偵探者，他未待全案之完成而在罪跡搜查之中途，綜合所曾發見的證物而指示最有力的嫌疑之所在。你讀他底審查並不是因為你相信他已經達到指認犯人的目的，而是因為這個審查，在解決這個懸案底過程中，也許是必須要經過的一個階段。在實際的人生（與故事不同）裏，或者這個猜疑便已經落在真正犯人底身上；然而無論如何，我們有傳揚及分析這個審查底現狀的價值。

關於本書天文學的部分，我大致根據拉邁特底理論；雖然在進化底見解上我們底觀點不同

(六十九頁)但據我看，這個差別是不十分大的。此外我尚提出關於星雲後退許多相反的學說；至於我對於這些學說的普通的態度之說明見七十頁。

這本書是難易不均的；第二章雖然取材艱深，但其餘幾章都比較容易些。我努力使說明儘可能地簡單；然而這本書並不是專爲了普通讀者寫的，所以當問題需要詳細討論的時候，我便不憚於採取極端困難的材料以資參考。

爲了紀念這本書當初講述的日期，我在此把原來講演詞底開頭幾句話寫在下面：

這是一個國際的集會，而我所選擇的也是一個國際的題目，所以我將談德國底愛因斯坦，荷蘭底德·色特以及比利斯底拉邁特諸氏底理論的研究。關於觀測的材料，我轉求美國人賀布爾，胡馬生，史利佛；但其中關於距離最有力的材料則取諸丹麥底何茲蒲郎 (Hertzprung) 所提示的方法。因爲我不願以數學的分析法使諸君頭痛，所以我雖採用意大利底萊維·色維他 (Levi-Civita) 底方法及見解而不提到他底名字。然而我必須提到由於這個問題與波動力學底關聯所引起的新興趣；當作波動力學底代表名稱，我舉出它底始祖，法國底德·布魯伊

(de Broglie)。

我雖講的是星雲底膨脹，而不是講的地球底擴散。希望沒有「宇宙斥力」從中擾亂而分離我們。

A. S. 愛丁頓 一九三二年十月

(譯者附註)在上序內所舉的專門術語及人名，其在後本文內不見者加註原文於下，但在後本文內重出者則不加以註解。

目次

第一章 螺旋星雲底後退

- (一)緒論 德·色特底研究——螺旋星雲——大宇宙概觀……………一
- (二)觀測事實 星雲光譜底紅向移動——星雲後退速度之大小——速度與距離的關係……………八
- (三)星雲系底膨脹 星雲底後退乃星雲系底膨脹——驚人的速度——都卜勒效應……………一四
- (四)觀測與理論 所謂「觀測的事實」——此乃觀測底理論的解釋而已……………二〇
- (五)重力法則 相對律底重力法則——其修正式 $G_{\mu\nu} = \lambda g_{\mu\nu}$ ——宇宙常數與宇宙斥力……………二五

(六) 宇宙斥力底研究 後退底原因——後退速度與宇宙斥力的關係——觀測範

圍以外……………三〇

第二章 球狀宇宙……………二六

(一) 空間底彎曲性 物質空間——四度空間底圖像……………三六

(二) 球狀空間 彎曲性與閉合性——閉合的球狀空間底性質……………四一

(三) 物質宇宙與球狀空間 關於「栓子及圓孔」的對話——球狀空間對於閉合的

膨脹宇宙之絕對必要——空間底膨脹——空間底閉合性……………四六

(四) 愛因斯坦宇宙與德·色特宇宙 兩極端的宇宙——實際的宇宙乃間於二者

——非靜止的宇宙……………五四

(五) 膨脹宇宙與收縮宇宙 膨脹先開始呢還是收縮先開始呢——瘡狀的愛因斯

坦宇宙——拉邁特底研究——森教授底研究……………六二

(六) 宇宙底創始 原始的愛因斯坦宇宙——不安定的平衡——立於桌上的針