

鋪張穹蒼 展開諸天

宇宙大爆炸論的故事與探討

解世煌

鋪張穹蒼 展開諸天

宇宙大爆炸論的故事與探討



作者：解世煌

1905年愛因斯坦提出了狹義相對論，解釋了質量和能量互換的原理，1915年他又提出了廣義相對論和宇宙重力場的方程式。1929年天文學家哈伯通過天文觀測和計算，發現宇宙是在不斷的擴張當中。

比利時的天主教神父及物理學家羅梅村，根據哈伯所發現的宇宙擴張的事實和愛因斯坦的場方程式，反時間推算回去，他認為宇宙是有一個開始，宇宙的時間和空間起始於一個質量極大，體積極小的奇點，從這個奇點擴充出來的。這個理論後來經過物理學家加莫，阿爾菲，和赫爾曼的改進，加入了太初核合成的過程，而成為今天廣為人知的大爆炸論。因為宇宙背景輻射的發現，大爆炸論得到有利的支持。

2013年科學家證實了上帝粒子的存在，讓我們了解在宇宙大爆炸初期基本粒子取得質量的機制。今日大爆炸論已經成為物理學主流的學說和研究方向。宇宙大爆炸論是過去100年來，科學家們努力研究出來的成果。本書介紹了大爆炸論及近代天文學發展的故事，聖經創世記，第一章第一節說“起初神創造天地”本書也討論了大爆炸論跟聖經的關係。

鋪張穹蒼 展開諸天 宇宙大爆炸論的故事與探討

羅梅村，愛因斯坦
和
近代天文物理學發展的故事

作者：解世煌
台灣中原理工學院畢業
愛荷華大學工程碩士
紐約州立大學（水牛城）工程博士

書名 / 鋪張穹蒼 展開諸天一宇宙大爆炸論的故事與探討

作者 / 解世煌

總經銷 / 台福傳播中心

9386 Telstar Ave., El Monte, CA 91731, U.S.A.

電話：(626)307-0030

傳真：(626)307-5557

www.efccc.org E-mail:efccc@efccc.org

北美地區訂購專線：1-626-307-0030

版權所有 • 請勿翻印

2014 年 11 月初版 2016 年 8 月電子版

ISBN: 978-1-61801-004-9

Copyright 2014 by James Chieh, Email: james.chieh@yahoo.com

目錄

ACKNOWLEDGEMENT

前 言

第一章	近代科學知識的加速增長	2
第二章	現代物理學之父 - 阿爾伯特·愛因斯坦	6
	愛因斯坦的生平	8
第三章	愛因斯坦的相對論	14
	相對論的發展	16
	相對論在生活上的驗證	21
	相對論在宇宙學上的應用	23
第四章	物理宇宙學的發展	26
第五章	比利時的神父，物理學家 - 喬治·羅梅村	34
	在英國劍橋大學的研究	37
	在美國哈佛大學的研究	39
第六章	二十世紀初期的天文學研究和發現	44
	喬治·海爾 - 加州威爾遜山天文觀測站	46
	變星 - 星星距離的測量	47
	多普勒效應及星雲的紅移現象	49

大辯論	50
天文學家 - 愛德文·哈伯	51
島宇宙的發現	52
宇宙擴張的發現	53
羅梅村關於宇宙擴張的研究	56
第七章 宇宙大爆炸論的發展	60
黑洞	62
1927 年索爾維國際物理學化學研究會	64
太初原子的宇宙模式	67
加州理工學院的 <i>Athenaeum Club</i>	71
愛因斯坦的信仰	76
大爆炸論所衍生出來的問題	78
喬治·伽莫的研究工作 - 大初核子合成	79
恆星核合成	81
弗雷德·霍伊的穩恒態宇宙模型	83
天主教教廷的反應	86
社會的反應	87
科學界和科學家們的反應	87
第八章 天火餘輝	92
宇宙背景輻射的發現	94
宇宙背景輻射的衛星探測	98
諾貝爾獎和大爆炸論	101
第九章 羅梅村晚年的歲月	104

第十章	二十一世紀的的大爆炸論	112
	宇宙力	114
	基本粒子	114
	普朗克時期	115
	宇宙的年齡	115
	愛倫·古斯的宇宙早期暴脹模型	115
	電子伏特	117
	歐洲核子研究組織	117
	楊 - 米爾斯規範場理論	118
	對稱性破缺與希格斯機制	118
	基本粒子理論的標準模型	119
	2013 年希格斯玻色子的發現	123
	大爆炸論對於宇宙產生的描述	125
第十一章	宇宙有多大	136
	太陽系	138
	銀河系	139
	可觀測的宇宙	139
第十二章	聖經和今日的大爆炸論	142
	大爆炸論的重點	146
	聖經裏相關的經節	146
	有關大爆炸論的問題	153
	聖經和科學	156
	聖經的文學	160
	一段神祕又有趣的聖經經文	161

本章的結語	162
第十三章 結語	164
參考資料	172
本書提要	174



本書以知名科學家的故事為經，大爆炸論為緯，從1905年愛因斯坦的相對論開始，一直到2013年歐洲核子研究組織發現了「上帝粒子」，本書記述了過去一百年來宇宙科學的研究和發現。

天文學家哈伯在1925年和1929年發現，宇宙有無數的類似於銀河系的星系，並且這些星系是在擴張開來，宇宙是在膨脹的過程。聖經以賽亞書在公元前700年前後，記載了以下的經文：「神坐在地球大圈之上，地上的居民好像蝗蟲，他鋪張穹蒼如幔子，展開諸天如可住的帳棚。」

ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to express his appreciation to the following persons and Institutes for providing photographs and figures.

1. Liliane Moens of the Lemaitre Archive at the Institut d'Astronomie et Géophysique G. Lemaitre at Catholic University of Louvain in Belgium.
2. David Zeidberg, Director of the Library, the Huntington Library, Art Collections, and Botanical Gardens in San Marino, California.
3. Catherine Wehrey, Dibner Reader Services Assistant, the Huntington Library, Art Collections, and Botanical Gardens in San Marino, California.
4. Professor Marc Henneaux, International Solvay Institute.
5. Paul Beale, Professor and Chair, Department of Physics, University of Colorado Boulder.
6. Milky Way photograph by Steve Jurvetson.
7. California Institute of Technology, Institute Archives
8. European Organization for Nuclear Research (CERN)
9. National Aeronautics and Space Administration (NASA)

我很感謝我的母親，內人及兒女給我的支持，可以在忙碌的生活中，寫完這個小故事。內人還幫助我校稿，很不容易。華人宣道會活石堂的梁誠德牧師，審閱校讀了原稿，給我很多幫助。台福傳播中心幫助我編輯及出版。十分感謝。初版之後，教會的牧師，長老，及弟兄姊妹們有所建議及勉勵，在此一併致謝。2016年，本書在台灣宇宙光月刊發表為十篇專欄，在此向宇宙光雜誌社的主編及二位編輯致謝。

“在一切事務開始之前，我們有一個無與倫比的煙火晚會，然後在一個爆炸之後，諸天和煙灰出現了，我們來的太晚，只能看到創造生日後的莊嚴和美麗。”

喬治·羅梅村

前言

從 1975 年到美國來讀研究所，在美國已經生活快 40 年，在寫這本書的時候總會想到兒時的生活，還記得在 1960 年代，我們家住在台中市的存信巷，過了大街三民路，就是台中商專，另外一條街的旁邊，就是台灣省立台中一中，我的初中和高中都是在這裏渡過的。

我們的巷子裏有一位不平凡的人物，韓寶蓮教士（Dr. Pauline Hamilton），她是美國賓州大學的生理學博士，曾經在美國有名的研究所工作過，後來捨棄一切，來到中國的上海加入中國內地會（China Inland Mission）的宣教工作，後來她又到台灣宣教，她大多數的時間都是住在台中市，在台中公園附近的一個基督教教會，思恩堂，作宣教士，我讀小學的時候，韓教士常常邀請附近的小朋友到她家聚會，聽她講聖經的故事，在那個年代，她有投影機，可以投放些精美的聖經故事的彩色圖片，她也有美國一些科學雜誌的書，這些都很吸引我的興趣，尤其是創世記的故事，增加了我的想像。在中學的時候，我也在教會裏上過韓教士的主日學，有一回她講解創世記第一章時，提到了不少天文科學上的發現和新知識。她提到在當時已經發現新的星系以及天文觀測中發現星雲的形成。她在這方面的講解，很顯然的的不同於其他傳道人的解釋聖經創世記。

韓教士一生奉獻在中國大陸和台灣的基督教的宣教事工，她也參與輔導青少年人，是十分值得尊敬的，她退休後回到美國，寫了一本英文自傳，潘燕師母譯為中文，書名是“祂是 - 韓婆婆傳”，韓教士的啟發，讓我對於聖經的創世記，一直保持了很大的興趣。

這幾年在工作之餘，有空閱讀科學傳記和天文學的書，知道過去這一個世紀，在天文物理上有極為重要的發展和發現，在 1900 年代初期，科學家相信宇宙就是我們所處的銀河系，宇宙是恆常不變自有永有的，宇宙中的化學元素或物質也是不能被創造或毀滅的。

猶太裔美國物理學家愛因斯坦於 1905 年發表了特殊相對論，1916 年發表了普通相對論。1925 年天文學家哈伯發現宇宙是由無數類似於我們銀河系的星系所組成。比利時物理學家羅梅村和美國天文學家哈伯，分別於 1927 年及 1929 年利用對星雲紅移現象的觀測，發現宇宙是動態的，是在擴張的。1931 年羅梅村在相對論的場方程式和天文觀測的基礎上，提出了“太初原子論”，他認為宇宙是有一個開始的，宇宙起始於一個密度極高，質量極大，體積極小的一個奇點，從這個奇點擴張開來的，一直發展到今天的宇宙。英國天文學家霍伊提倡恆常靜態宇宙學，反對羅梅村的看法，他在一九四九年代的英國廣播中稱太初原子論是宇宙大爆炸論。從此之後，羅梅村的太初原子論就成為宇宙大爆炸論。

1945 年，美國物理學家加莫和阿爾菲，接續了羅梅村的研究，加入了太初核合成的概念，解釋了宇宙初期發展的過程，通過太初的核反應過程，能量轉換成為物質，宇宙星系逐漸形成，在此之後加莫，阿爾菲，和赫爾曼計算宇宙大爆炸之後，應該有殘留下的能量稱為背景輻射。

在 1920 年，英國天文學家亞瑟·愛丁頓，首度建議恆星的能量來自於將氫融合成氦的核融合反應。1939 年，在一篇名為《恆星能量的產生》的論文中，漢斯·貝特分析了

氫融合成氦的可能過程，1957年，霍伊和伯比奇夫婦，威廉·福勒四人提出了元素合成理論，所有的較氫和氦更複雜的元素都是通過恆星的核子反應所產生出來的。因為發現宇宙中物質元素的來源，貝特和福勒分別得到諾貝爾獎。

到了1965年，貝爾實驗室的兩位科學家，威爾遜和彭齊亞斯，發現了背景輻射，找到了宇宙大爆炸之後殘留下的能量，給宇宙大爆炸論提供了有利的證據，宇宙微波背景輻射的發現和確認，更使絕大多數物理學家都相信，大爆炸是能描述宇宙起源和演化最好的理論。為著他們的發現，在1980年一同獲得諾貝爾獎。

現在宇宙物理學的幾乎所有研究都與宇宙大爆炸理論有關，或者是它的延伸，或者是進一步解釋，例如大爆炸理論的框架下星系如何產生，早期和極早期宇宙的物理定律，以及用大爆炸理論解釋新觀測結果等。二十世紀九十年代後期和二十一世紀初，望遠鏡技術的重大發展和宇宙背景探測者（COBE）、哈伯太空望遠鏡（HST）和威爾金森微波各向異性探測器（WMAP）等空間探測器收集到的大量數據，使大爆炸理論又有了新的證據和突破。

宇宙大爆炸論提出在大爆炸剛開始的極短的時間裏，宇宙只有光能和熱能，並沒有物質的存在，後來產生出帶有質量的基本粒子。2013年的諾貝爾獎頒發給了弗朗索瓦·恩格勒和彼得·希格斯，獎勵他們發展了希格斯機制，並且在實驗室證明了希格斯粒子（上帝粒子）的存在，這個理論解釋了宇宙中沒有質量的基本粒子如何取得質量。這個物質世界是如何從無到有的過程。

今天的大爆炸論提出宇宙是有起源的，時間也是有開始的，宇宙的一切物質元素都是由能量轉換所產生的。諾貝爾獎的頒發給跟大爆炸論有關的研究，也表明主流的科學家們都支持大爆炸論。

羅梅村於 1920 年在比利時魯汶大學得到數學及物理學博士學位，就在他完成博士學位後，他決定成為天主教的神職人員，隨後他到英國劍橋大學及美國哈佛大學進修，1925 年他回到魯汶大學並且成為這間大學的教授，直到 1964 年退休。

創世記是聖經的第一卷書，他的第一句話就是“**起初神創造天地**”。因為大爆炸論跟聖經創世記第一章第一節有相似之處，又因為羅梅村的基督教背景及神職人員的身份，在大爆炸論的發展過程中，有不少有趣的討論。在 1930 年代，很多科學家相信宇宙是恒常不變的，也是自有永有的，因此當大爆炸論提出後，很多科學家認為這是一個科學版的創世記，另外在基督徒當中，很多人也反對大爆炸論，認為上帝豈能需要用大爆炸來創造這個宇宙。

宇宙大爆炸論是過去 100 年來，科學家們努力研究出來的成果，也是一個很優雅的理論。這本書比較詳細的記載了宇宙大爆炸論發展的故事以及在基督教神學上的思考，盡量做到比較公正和客觀的記述，也期盼得到基督徒以及非基督徒讀者的共鳴。因為大爆炸論的研究發展也已經有一個世紀了，有許多的科學家參與了研究及發展，因此要介紹這個理論，就要從參與研究的各個重要的科學家個人的故事講起，藉著這些科學家的傳記及工作把宇宙大爆炸論的發展勾畫出來，呈現給讀者，這其間也簡單的介紹了一些物理學上的理論及名詞。

宇宙大爆炸論的故事與探討

❖ ————— 第一章 ————— ❖

近代科學知識的加速增長

“但以理阿，你要隱藏這話，封閉這書，直到末時，必有多人來往奔跑，（或作切心研究）知識就必增長。”

聖經但以理書

宇宙大爆炸論的故事與探討

在公元前 606 年到 536 年，在中東地區有巴比倫帝國的興起，它滅了聖城耶路撒冷和猶大國，在被擄的猶太貴族當中，有一個人名叫但以理，後來他竟然成為巴比倫帝國的高官，好像今天美國的季辛格一樣，這位但以理同時也是猶太人的先知，他寫了一本有名的書列在舊約聖經中，叫作但以理書，這本書對於世界的發展做了一些預言，其中最有名的故事就是講到但以理解夢的故事，巴比倫皇帝做了一個夢，夢見了一個巨大的人像，像的頭是金的，胸膛和膀臂是銀的，肚腹和腰是銅的，腿是鐵的，腳是半鐵半泥的，有一塊大石頭把這巨像打碎了，然後變成一座大山，充滿天下，但以理的解釋是，這個夢預示了世界上強權的更替，從巴比倫帝國，瑪代波斯帝國，希臘帝國，羅馬帝國，歐洲聯盟，到最後上帝的國的出現。這個故事在西方世界中是很有名的，不過對於本書來講，但以理書中所提到的另外一個預言很有意義及啟示。

但以理書，第十二章，第四節

“但以理阿，你要隱藏這話，封閉這書，直到末時，必有多人來往奔跑，（或作切心研究）知識就必增長。”

這個預言是說未來的人類會努力研究，以致於人類的知識會大大的增進，但以理寫下這句話的時候畢竟是離現在有 2500 到 2600 年以前了。公元 14 世紀到 17 世紀的歐洲發生了文藝復興，接續文藝復興的是啟蒙運動時期，又稱理性時代，這是在 17 世紀及 18 世紀歐洲發生的一場知識及文化運動，啟蒙時代認為科學的發展和人的理性可以改進人類生活。後來又有工業革命，人類的科技和知識有很

大的增進，特別是過去這一百多年來，各個國家和社會都很重視研究和發展，以致於人類在知識上有極大的進步，無論在生物，化學，醫學，天文，物理等各個領域都有研究發現。電腦的發明及發展，提供了做研究工作的有利工具，而電腦網路的發明及發展，又大大的助長了知識的傳播。

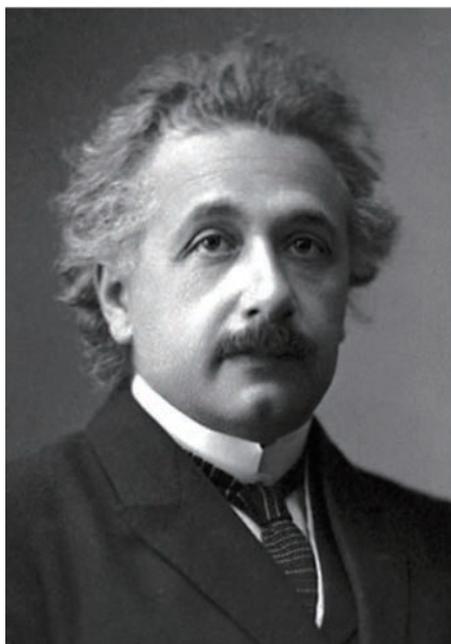
自古以來，人類對著這個浩瀚的宇宙滿了神祕又敬畏的感覺，許多的文學家和詩人來頌讚它，許多的科學家和哲學家也試著去了解它，還有神學家試著去解釋它。但是我們對於我們所生存的宇宙，所知卻是十分有限。在哥白尼之前，我們以為地球就是宇宙的中心，銀河系就是整個的宇宙，過去一個世紀，由於物理學的發展和科學儀器不斷的進步，在天文物理學上有極重大的發現和突破，現在我們知道宇宙中有上千億個銀河系，可以觀測到的宇宙的直徑就有 900 億光年，宇宙是大的不可測度，但是還在動態的擴張出去。

我們今天有幸生活在二十一世紀，由於天文物理學的研究和發展，我們對於宇宙的形成及它的奧祕有更進一步的發現及認識。我們對宇宙知道的愈多，但卻有更多不知道的問題，比如說，誰開始了宇宙的大爆炸？大爆炸之前，是什麼狀態？什麼是暗物質？什麼是暗能量？這些問題都是今天科學家們的研究課題。

按照現今科學和技術發展的速度，可以預測在未來的幾十年裏，宇宙科學一定會有更多的發現和認識。今天這一切的物理學上的進展和對於宇宙的認識，都要從二十世紀的大物理學家愛因斯坦和他的相對論說起。

❖ ——— 第二章 ——— ❖

現代物理學之父 阿爾伯特·愛因斯坦



阿爾伯特·愛因斯坦

宇宙大爆炸論的故事與探討

愛因斯坦研究並發展出了相對論，他也是量子物理學的開創者之一，這些理論成為現代物理學的基礎，並且應用到宇宙科學的研究上，本章介紹愛因斯坦的生平故事。

愛因斯坦的生平

愛因斯坦于 1879 年 3 月 14 日出生在德意志帝國之符騰堡王國烏爾姆市，他的父親赫爾曼·愛因斯坦（Hermann Einstein）是一名商人也是電機工程師，他的母親寶琳·柯克（Pauline Koch）是一位音樂家，愛因斯坦出生後不久，便於 1880 年舉家遷往慕尼黑，愛因斯坦的父親與叔叔在新居住地創建了一間電機工程公司，專門設計與製造電機機器。

愛因斯坦從 5 歲到 8 歲是在天主教辦的小學讀書的，他的中學教育是在德國慕尼黑完成的，現在發現的記錄讓我們知道愛因斯坦在小學及中學時在學業上非常優秀。他是一個思維敏捷、聰明，有時甚至十分叛逆的學生。他在語言方面不是十分出色，但在自然科學方面却表現十分出眾。愛因斯坦常讀大眾科學書籍，並總是設法獲得有關當下科研水準概況的書。特別是亞龍·貝恩斯坦（Aaron Bernstein）所著的（自然科學通俗讀本）對他興趣的形成及其後發展產生了重大影響。他五歲時對袖珍羅盤指南針著迷，並開始受訓於私人學拉小提琴。1888 年，進入路易博德文理中學（Luitpold-Gymnasium，1965 年改名為阿爾伯特·愛因斯坦文理中學）。

1894 年，全家又遷至意大利米蘭。十五歲的愛因斯坦本當留在學校，考完德國大學資格入學考試才離開，但由於常遭老師訓斥以及常觸犯德意志第二帝國時期學校的紀律與秩序，愛因斯坦因此固執決定肄業，隨其父母同往米蘭。

愛因斯坦並未依照其父親的意願讀電機工程學，而是依他家一好友的建議於 1895 年申請了瑞士蘇黎世聯邦理工學院，由於沒有德國大學資格入學考試成績，愛因斯坦需要當年夏天參加該校入學考試，不過愛因斯坦並未在考前抓緊複習，而是選擇去了北意大利遊玩，因此，十六歲的他，身為當時最小的應考者，沒有通過此次考試。他的自然科學考得很不錯，但法語沒考好。該校校長赫爾岑推薦他去瑞士的阿勞州立中學學習一年。1896 年十月，愛因斯坦參加瑞士大學入學考試，10 月 3 日的成績單上顯示他有五科目皆取得最好的成績。

1896 年，愛因斯坦進入蘇黎世聯邦理工學院師範系學習物理學，1900 年畢業，在讀書期間最初海因里希·韋伯（Heinrich Weber）是愛因斯坦的導師，愛因斯坦認為韋伯先生沒能教導他先進的材料而不滿意，而韋伯認為愛因斯坦是一個聰明的學生，但是聽不進別人的意見，因此韋伯沒有給愛因斯坦推薦書，愛因斯坦沒能如願留校擔任助教，只能靠當「家教」維持生活。愛因斯坦改選了阿爾弗雷德·克來納（Alfred Kleiner）做他的指導教授。很幸運的，愛因斯坦於 1901 年被瑞士專利局錄用為技術員，從事發明專利申請的技術鑒定工作，在專利局的工作很輕鬆，他利用業餘時間從事科學研究，于 1905 年在物理學三個不同領域中取得了歷史性成就，特別是狹義相對論的建立和光量子論的提出，成為了物理學理論的革命。翌年 1 月 15 日，憑藉論文《分子大小的新測定法》，取得蘇黎世大學的博士學位。

愛因斯坦在 1905 年發表了六篇劃時代的論文，分別為：《關於光的產生和轉化的一個試探性觀點》、《分子大小的新測定方法》、《基于熱分子運動論的靜止液體中懸浮粒子的運動研究》、《論動體的電動力學》、《物體的慣性同它所含的能量有關嗎？》、《布朗運動的一些檢視》。

因此這一年被稱為“愛因斯坦奇蹟年”。100年後的2005年因此被定為“世界物理年”。

- 1905年3月，德國《物理年鑑》發表《關於光的產生和轉化的一個試探性觀點》認為光是由分離的粒子所組成。愛因斯坦解釋光也是由小的能量粒子（光子）組成的，並且量子可以像單個的粒子那樣運動。「光子」理論把1900年普朗克創立的量子論大大推進一步，揭示了微觀世界的基本特徵：波動—粒子二元性。
- 1905年5月11日，德國《物理年鑑》發表一篇用布朗運動解釋微小顆粒隨機游走的現象的論文《熱的分子運動論所要求的靜液體中懸浮粒子的運動》這篇論文是對布朗運動這種平移擴散的開創性研究。
- 1905年6月30日，德國《物理年鑑》發表《論動體的電動力學》首次提出了狹義相對論基本原理，論文中提出了兩個基本公理：「光速不變」，以及「相對性原理」。
- 1905年9月27日，德國《物理年鑑》刊出《物體的慣性同它所含的能量有關嗎？》認為「物體的質量可以度量其能量」，隨後導出了 $E = m c^2$ 的公式。

1914年，應馬克斯·普朗克和瓦爾特·能斯特的邀請，回德國任威廉皇家物理研究所所長兼柏林洪堡大學教授，直到1933年。1920年應亨德里克·洛倫茲和保羅·埃倫費斯特的邀請，兼任荷蘭萊頓大學特邀教授。第一次世界大戰爆發後，他投入公開和地下的反戰活動。1919年11月10日《紐約時報》刊登新觀察證實相對論的消息，形容這是愛因斯坦理論的大勝利。

1915年愛因斯坦發表了廣義相對論。他所作的光線經過太陽引力場要彎曲的預言，于1919年由英國天文學家亞瑟·愛丁頓的日全蝕觀測結果所證實。1916年他預言的引力波在1978年也得到了證實。愛因斯坦和相對論在西方成了家喻戶曉的名詞。1917年愛因斯坦在《論輻射的量子性》一文中提出了受激輻射理論，成為激光的理論基礎。愛因斯坦因在光電效應方面的研究，獲授予1921年諾貝爾物理學獎。不過在瑞典科學院的公告中並未提及相對論，原因是認為相對論存在爭議。

1933年1月納粹黨取得德國政權後，愛因斯坦成為科學界首要的迫害對象，幸而當時他在美國講學，未遭毒手。3月他回歐洲後避居比利時，9月9日發現有準備行刺他的蓋世太保跟踪，於是連夜渡海到英國，10月轉到美國擔任新建的普林斯頓高等研究院的教授，直至1945年退休。1940年他取得美國國籍。1939年他獲悉鈾核裂變及其鏈式反應的發現，在匈牙利物理學家利奧·西拉德推動下，愛因斯坦寫信給美國的羅斯福總統，敦促他開始原子彈及核子能方面的研究，這件事也就促成了當時的曼哈頓計劃，發展了美國的核子武器。

二次世界大戰之後，猶太人建立了以色列國，1952年他們的第一任總統過世了，以色列的總理邀請愛因斯坦出任以色列總統的職位，他深深的被這樣榮譽的邀請感動了，但是愛因斯坦婉拒了這項邀請，他的理由是因為多年從事科學方面的研究，並不善於處理人際關係。

1955年4月，愛因斯坦被診斷出患有主動脈瘤，他拒絕了醫生的手術建議，他說他已經盡上了他的那一份，他該走了，他也希望很優雅的離開，他於4月18日過世，享年76

歲。為遵照愛因斯坦的遺囑，他死後並沒有舉行任何喪禮，也不建墳墓，不立紀念碑，骨灰撒在永遠保密的地方，目的是不會令埋葬他的地方成為聖地。愛因斯坦的後半生一直從事尋找統一場論的工作，不過這項工作沒有獲得成功。

愛因斯坦於 1922 年曾兩次途經上海，停留不足 3 天。1920 年代，他應日本邀請，赴日講學，途經上海，於 1922 年 11 月 13 日抵達上海。1922 年 12 月 27 日，愛因斯坦返回歐洲，31 日上午 11 時再次途經上海，1 月 1 日下午，應上海猶太青年會及學術研究會邀請，在公共租界工部局禮堂，講演相對論，當時有一些中國學者參加。在他的旅行日記中寫到他訪問上海的觀感，他深深的同情中國人民在當時受到列強壓迫下所受的苦難。日軍侵華時，愛因斯坦與羅素等人於 1938 年 1 月 5 日在英國發表聯合聲明，呼籲世界援助中國。

愛因斯坦從小就喜歡音樂。他的母親會彈鋼琴，希望愛因斯坦學習小提琴，愛因斯坦在五歲已經開始學習小提琴，當他 13 歲時，他接觸莫扎特的小提琴奏鳴曲，從此就愛上了莫扎特的音樂。音樂在愛因斯坦的生活中扮演了中心的角色。他雖然從未想過成為職業音樂家，但曾和一些專業人士一起在私人場合為朋友演奏過室內樂。他在波恩、蘇黎世和柏林時，室內樂是他社交生活的一部分。同他一起演奏的人包括普朗克。1931 年，當他在加州理工學院做研究時，曾去洛杉磯拜訪音樂學院，並演奏了莫扎特和貝多芬的作品。

因為宇宙大爆炸論是從愛因斯坦的相對論發展出來的，下一章是介紹相對論的發展。

第三章

愛因斯坦的相對論

質能轉換方程式

$$E = m c^2$$

愛因斯坦場方程式

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = 8\pi G/c^4 * T_{\mu\nu}$$

愛因斯坦提出了相對論，他是在什麼樣的物理學背景下提出這個理論的？他的這個理論到底講些什麼？相對論在我們實際生活上有什麼應用呢？

相對論的發展

電磁波，又稱為電磁輻射。是由同相振盪且互相垂直的電場與磁場在空間中以波的形式傳遞能量和動量，電磁輻射可按照頻率分類，從低頻率到高頻率，包括有無線電波、微波、紅外線、可見光、紫外線、X 射線和伽馬射線等等。人眼可接收到的電磁輻射，波長大約在 380 至 780 奈米之間，稱為可見光。電磁波可以視為熱能的一種形式，電磁波是以光的速度傳遞，光也就是電磁波。

在愛因斯坦的相對論之前，大家都相信時間和空間是分開的，也是絕對的，一秒鐘的時間在任何情況下，都是一秒鐘，一公尺的距離在任何情況下，都是一公尺。

以太（ether），是古希臘哲學家亞里斯多德所假想的一種物質。因為水波的傳播要借助於水，聲波的傳播要借助於空氣，19 世紀的物理學家，認為電磁波（光就是電磁波）的傳播也需要傳播媒質，而這個媒質就是以太，按照當時的猜想，以太無所不在，沒有質量，絕對靜止。以太充滿整個宇宙，電磁波可在其中傳播。

假設太陽靜止在以太系中，由於地球在圍繞太陽公轉，相對於以太具有一個速度 v ，因此如果在地球上測量光速，

在不同的方向上測得的數值應該是不同的，最大為 $c+v$ ，最小為 $c-v$ 。如果太陽在以太系上不是靜止的，地球上測量不同方向的光速，也應該有所不同。

在這裏要介紹一位物理學家，阿爾伯特·邁克生（Albert Michelson，1852 – 1931 年），猶太裔美國籍物理學家，以測量光速而聞名，在 1883 年他所發表的測量結果，光的速度是每秒鐘 299,853 公里，1907 年因為“發明光學干涉儀並使用其進行光譜學和基本度量學研究”得到諾貝爾物理學獎，也是第一位獲得諾貝爾物理獎的美國物理學家。現在的光速定義是 299,792,458 米 / 秒，我們一般稱光速是每秒 30 萬公里。

1887 年，阿爾伯特·邁克生和愛德華·莫雷為測量地球和以太的相對速度，進行了著名的邁克生 - 莫雷實驗。實驗結果顯示，不同方向上的光速沒有差異。這實際上證明了光速不變原理，即真空中光速在任何參照系下具有相同的數值，與參照系的相對速度無關，以太其實並不存在。後來又有許多實驗支持了上面的結論。

然而根據馬克士威方程組，電磁波的傳播不需要一個“絕對靜止”的參照系，因為該方程裏有兩個參數都是無方向的標量，所以在任何參照系裏光速都是不變的。

1904 年荷蘭物理學家亨德里克·洛倫茲提出了洛倫茲變換和質量與速度關係式，使馬克士威方程組從一個慣性系變到另一個慣性系時能夠保持不變，為愛因斯坦創立狹義（特殊）的相對論奠定了基礎。

昂利·彭加勒是法國的數學家，他在這個時候也發表了跟相對論有關的論文。

愛因斯坦則大胆的拋棄了以太學說，愛因斯坦是在 1905 年提出的《論動體的電動力學》論文中提出狹義（特殊）的相對論，這個理論有兩個假設，相對性原理和光速不變原理，它是應用在慣性參考系下的時空理論，從這個理論發展出一些結果：

- 相對於在靜止狀態的時鐘，運動中的時鐘會變慢。
- 相對於在靜止狀態的觀測者，在運動中的物件會變短。
- 質量和能量可以互相轉變，這個質能轉換的公式是：
$$E = m c^2$$
- 在真空中光運行的速度是一切運動速度的極限。

在狹義相對論提出以前，從日常生活經驗上人們認為時間和空間都是各自獨立的，並且是絕對的存在，自伽利略時代以來這種絕對時空的觀念就開始建立，牛頓創立的牛頓經典力學和經典運動學就是在絕對的時空觀基礎上創立。而愛因斯坦的相對論在牛頓經典力學、馬克士威經典電磁學等的基礎上首次提出了“四維時空”的概念，它認為時間和空間各自都不是絕對的，而絕對的是一個它們的整體——時空，愛因斯坦提出狹義相對論的時候，他只有 26 歲。

我們都知道這個小故事，牛頓在蘋果樹下看書，一顆蘋果掉了下來，打到他的頭上，讓他領悟了萬有引力或是重力的原理，愛因斯坦的狹義相對論應用到了牛頓經典力學，

和經典運動學，經典電磁學，接下來愛因斯坦花了 10 年的時間思考如何把相對論應用到重力場。

1915 年愛因斯坦發表了廣義相對論（一般性相對論，General Relativity），是用幾何語言描述的引力理論，它代表了現代物理學中引力理論研究的最高水平。廣義相對論將經典的牛頓萬有引力定律包含在狹義相對論的框架中，並在此基礎上應用等效原理而建立。在廣義相對論中，引力被描述為時空的一種幾何屬性（曲率）；而這種時空曲率與處於時空中的物質與輻射的能量 - 動量張量直接相聯繫，其聯繫方式即是愛因斯坦的引力場方程，從這個理論發展出一些結果：

- 在重力場的影響下時間會變慢。
- 光線在重力場的影響下會彎曲。
- 旋轉的質量會影響在他附近的時間空間。
- 愛因斯坦的引力場方程式。

愛因斯坦的廣義相對論在天體物理學中有著非常重要的應用。愛因斯坦引力場方程式，這個方程式描述了處於時空中的物質是如何影響其周圍的時空幾何，並成為了愛因斯坦的廣義相對論的核心。

愛因斯坦的引力場方程是一個二階非線性偏微分方程組，數學上想要求得方程式的解是一件非常困難的事。這個方程式或簡稱為愛因斯坦場方程式，或愛因斯坦方程式：

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = \frac{8\pi G}{c^4} * T_{\mu\nu}$$

其中

- $G_{\mu\nu}$ 稱為愛因斯坦張量，
- $R_{\mu\nu}$ 是從黎曼張量縮併而成的里奇張量，代表曲率項；
- $g_{\mu\nu}$ 是從（3+1）維時空的度量張量；
- $T_{\mu\nu}$ 是能量 - 動量 - 應力張量，
- G 是重力常數，
- c 是真空中光速。

愛因斯坦為了使宇宙能呈現為靜態宇宙（不動態變化的宇宙，既不膨脹也不收縮），他後來又嘗試加入了一個常數 Λ 相關的項 $\Lambda * g_{\mu\nu}$ 於場方程式中，使得場方程式形式變為：

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R + \Lambda * g_{\mu\nu} = 8\pi G/c^4 * T_{\mu\nu}$$

愛因斯坦運用了很多近似方法，從引力場方程得出了很多最初的預言。不過很快天才的天體物理學家卡爾·史瓦西就在 1916 年得到了引力場方程的第一個非平庸精確解——史瓦西度規，這個解是研究星體引力坍縮的最終階段，即黑洞的理論基礎。在同一年，將史瓦西幾何擴展到帶有電荷的質量的研究工作也開始進行，其最終結果就是雷斯勒 - 諾斯特朗姆度規，其對應的是帶電荷的靜態黑洞。

1915年愛因斯坦將廣義相對論理論應用於整個宇宙，開創了相對論宇宙學的研究領域。考慮到同時期的宇宙學研究中靜態宇宙的學說仍被廣為接受，愛因斯坦在他的引力場方程中添加了一個新的常數，這被稱作宇宙常數項，以求得和當時的“觀測”相符合。然而到了1929年，哈伯等人的觀測表明我們的宇宙處在膨脹狀態，而相應的膨脹宇宙解早在1922年就已經由亞歷山大·弗里德曼從他的弗里德曼方程（同樣由愛因斯坦場方程推出）得到，這個膨脹宇宙解不需要任何附加的宇宙常數項。比利時天主教神父羅梅村應用這些解，構造了宇宙大爆炸的最早模型，模型預言宇宙是從一個密度極高，質量極大，體積極小的一個奇點演化來的。愛因斯坦其後承認添加宇宙常數項是他一生中犯下的最大錯誤。

相對論在生活上的驗證

愛因斯坦提出相對論的時候，英國的一個科學家宣稱當時全世界只有3個人懂相對論，可見相對論很深奧難懂，但是在實際生活中，我們也很少感覺到相對論的影響，現在處於高科技時代，有些實際的例證是直接和相對論有關係的。

首先要提到的是相對論的質能互換的方程式，在愛因斯坦發表相對論之前，科學家相信物質不變定律，但是相對論告訴我們質量和能量是可以互相轉換的，質量轉換成能量是十分巨大的，因為這樣轉換的能量是等於質量乘以光速的平方： $E = m c^2$

在二次世界大戰的時候，美國開始了原子彈的研究和製造，1945年在新墨西哥州的沙漠裏，第一顆原子彈試爆成功了，證實了從質量轉換成能量所釋放出來的巨大能量，今天核能發電，以及其它核能的應用已經在我們日常生活經驗當中了。

再要提到的就是相對論中關於時間膨脹的問題，時間變快或變慢的經驗在我們日常生活當中，實在無法體驗，狹義相對論告訴我們當物體運動時，無論運動的方向，從靜止的觀察者的時鐘去測量，運動中的時鐘會變慢，在光速運動的物體，像是光子，在時間軸上是靜止的，運動速度低於光速的物體，它的時間轉換是根據洛倫茲轉換公式：

$$T = T_0 / (1 - (v/c)^2)^{0.5}$$

在這個公式裏， v 是運動物體的速度， c 是光速，光速是每秒鐘 30 萬公里，現在波音 777 客機，每小時飛 900 公里，每秒鐘是 2.5 公里，把這個速度放進洛倫茲轉換公式裏，這個時間的改變是太小了，無法察覺。

但是在今天的生活裏，有一件事情必需用到相對論的時間轉換公式，這就是全球衛星定位系統（Global Position System, GPS），全球衛星定位系統是由 24 顆在 2 萬公里高空運行的衛星來定位的，因為衛星運行的速度，使它的時間變慢了，但是因為它在 2 萬公里的高空運行，因為重力減弱了，根據廣義相對論，時間變快了，合併的效果是快了 36 微秒，這個非常微小的時間改變，使得全球定位系

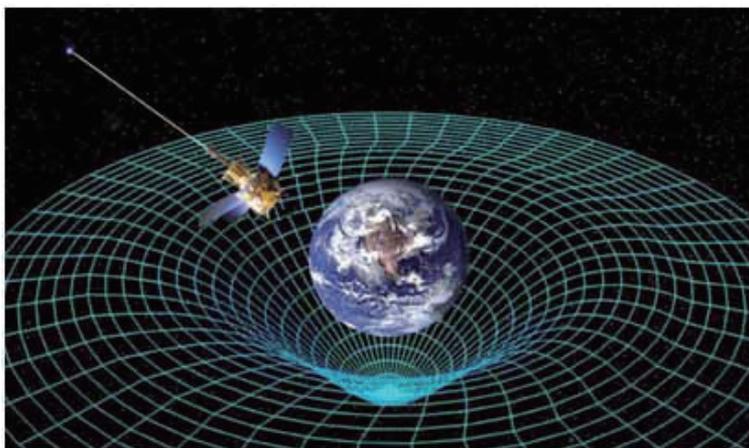
統所計算出來的地球上的位置差了幾公里，所以全球定位系統利用相對論的公式校正了它在衛星上的時間，來正確的定位。

相對論在宇宙學上的應用

相對論改變了人們對於絕對時間和絕對空間的想法，原來時間和空間並非絕對的，也非獨立的，時間和空間竟然是有彈性的，而且是一個四維的時空結構。

雖然相對論在日常生活上沒有太多的應用和影響，但是相對論開啟了宇宙科學的研究，過去一百年來，根據廣義相對論的場方程式和狹義相對論的質能互換的公式，今天人們對於宇宙有了更大更多的認識。

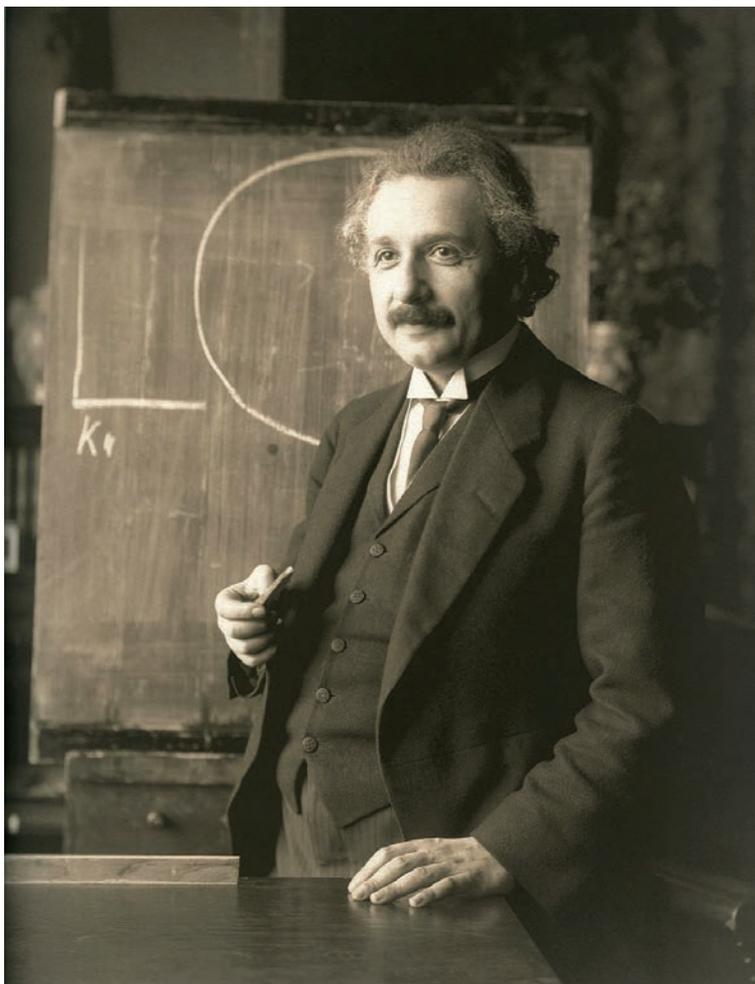
愛因斯坦時代的非基督徒科學家們和一般人相信宇宙是自有永有的，宇宙不是被創造出來的，也不會改變，並且我們所處的銀河系就是整個的宇宙。在基督徒和基督徒科學家當中，他們相信宇宙是上帝創造出來的，不過創造出來以後就不再改變了，並且銀河系就是整個的宇宙。這一切也是根據當時對宇宙的觀察和認知，不過這一切在相對論之後都大大的改變了，愛因斯坦的質能互換方程式和重力場方程式開啟了人們對於宇宙的認識，未來幾章裏筆者將會介紹近代宇宙科學或者說天文物理學的發展。



愛因斯坦的廣義相對論預測，地球周圍的時間空間被地球的自轉扭曲。美國太空總署在 2004 年 4 月 20 日發射的科學探測衛星證實了這個推測。（資料來源 / www.nasa.gov）

詩篇第九十篇，第 4 節，“在你看來，千年如已過的昨日，又如夜間的一更。”

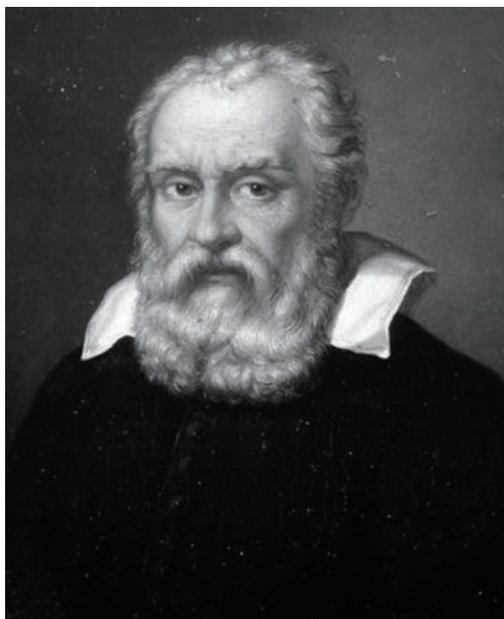
從今天的知識來看這段聖經，讓我們知道這並非簡單的文學修飾，而是啟示了宇宙中的奧密，上帝的時間座標跟我們是不一樣的。



1921年 - 正在演講的愛因斯坦

第四章

物理宇宙學的發展



伽利略·伽利萊

宇宙大爆炸論的故事與探討

物理宇宙學是物理學和天體物理學的分支，專門研究宇宙的物理起源及其演化。星體的物理性質（光度，密度，溫度，化學成分等等），和星體與星體彼此之間的交互作用。由於天體物理學是一門很廣泛的學問，天體物理學家通常應用很多不同的學術領域。在本書裏，物理宇宙學和天文物理學是看為同樣的學問。

在過往，希臘哲學家認為天是一個天球，當中的機械原理，就成為了現時天體力學的內容。在當時，阿里斯塔克斯、亞理斯多德及托勒密曾提出過幾個不同的天體學理論，當中以托勒密用來解說天體運作的地心說被廣為接受。

我們很容易理解為什麼有人會說地球是宇宙的中心，那是因為當人們觀察星體在天空中，夜復一夜由東往西運行時，很自然就會假設地球靜止不動，居於宇宙的中心，太陽，月亮，行星都圍繞它運轉。公元前 4 世紀時，古希臘哲學家柏拉圖揣想一個宇宙，地球在這個巨大圓形結構體的中心，每天隨著行星和恆星運轉。與柏拉圖同時代的年輕人尤多克斯改進了柏拉圖的雙星體宇宙論成為多星體宇宙論，後來又經過亞理斯多德和托勒密的改進，及基督教神學家阿奎那（St. Thomas Aquinas，1225 – 1274 年）的解釋及接受，而成西方世界主流的宇宙觀。

地球是宇宙中心的學說持續了兩千年之久，1543 年，波蘭天文學家哥白尼（Nicolas Copernic）出版了《天體運行論》一書，哥白尼改變了地球在宇宙中心的地位，改以太陽為宇宙的中心，地球同其他行星一樣，每年圍繞太陽運

行一周。1609年義大利的天文學家伽利略成為第一位用望遠鏡觀測天空的人，在他的觀測中他進一步證實：所有星球繞地球運轉的說法是不正確的，他在1632年的鉅著（關於世界兩大體系的對話）中表示太陽才是宇宙的中心。

隨著牛頓及其於1687年出版的《自然哲學的數學原理》的出現，長久以來有關天體的運動問題終於被解決了。牛頓為開普勒定律的機制提供了物理上的解釋，而他的萬有引力定律使過往難以解釋的各種奇特天文現象，都可以透過行星間的引力相互作用而解釋。牛頓的天體學理論與先前的理論在根本上最大的分別，在於哥白尼原則只提出地球在宇宙裡沒有特殊地位，而牛頓卻更進一步的指出：不論是天體和地球，兩者皆遵守著相同的物理法則。這一點在宇宙物理學的進展來說是很重要的。

近代宇宙學通常以1915年愛因斯坦發表廣義相對論做為分界。愛因斯坦於論文《廣義相對論的宇宙學考量》（該論文在第一次世界大戰前並未普遍流傳到德國之外）中發表廣義相對論。廣義相對論提供了宇宙物理學的理论研究基礎，許多物理學家諸如，威廉·德西特、卡爾·史瓦西，及亞瑟·愛丁頓等人開始去探究這理论的天文現象，這使天文學者有能力去探究極遠處的天體。

但是在二十世紀初期1920年代，在當時的科學界裏普遍相信一個恒常不變的宇宙，宇宙是自有永有的，昨天，今天，以及未來都是不變的，也不需要上帝的創造，另一方面在基督徒的信仰中，上帝創造了宇宙以後，這個宇宙是恒常不變的。在當時的認知中，宇宙就是我們所看見的銀

河系，雖然德國的哲學家康德預測有島宇宙的存在，不過在當時也只是一個臆測或假說。

從伽利略的時代起，望遠鏡不僅不斷的變大，也更臻於完善。二十世紀初，天文學家在美國的南加州的威爾遜山上（Mt. Wilson）架設了兩座望遠鏡，1908年的一座直徑 60 英寸（1.5 公尺），1922 年的那座直徑 100 英寸（2.5 公尺），它們改變了人類的世界及宇宙觀，1948 年，在南加州的帕洛瑪山上，又架設了直徑五公尺的海爾望遠鏡，海爾望遠鏡配有現代化的儀器，可以觀測到非常暗的物體。今天，從美國亞利桑那州到太平洋的夏威夷群島，從中亞高加索到南美智利，大約有十五座直徑超過三公尺的望遠鏡，散見於遙遠的群山頂峰上，收集宇宙所捎來的光的信息。

除了天文望遠鏡之外，光譜儀的發明及改良也成為天文物理的重要工具，就像雨滴把陽光分解成為七色彩虹的原理一樣，光譜儀也可以從星體所發的光解析出不同波長的光。經過十九世紀初德國物理學家佛朗赫費（Joseph von Fraunhofer）研究改良後的光譜儀，實在是一個劃時代的產物，因為它不僅看清星球和星系的運動，同時也讓我們知覺它們的化學成份。

在過去將近一個世紀的研究，相對論已經成為近代物理的基礎。天文學家也發現了宇宙當中有無數的銀河系，宇宙不是恒常不變的，而是不斷的擴張或膨脹的。

比利時的神父和物理學家，喬治羅梅村首先提出了關於宇宙起源的大爆炸理論，但他本人將其稱作“太初原子的

假說”。大爆炸是描述宇宙誕生初始條件及其後續演化的宇宙學模型，這一模型得到了當今科學研究和觀測最廣泛且最精確的支持。

這一模型的框架基于愛因斯坦的廣義相對論，並在場方程的求解上作出了一定的簡化（例如空間的均勻和各向同性）。根據大爆炸理論，宇宙是在過去有限的時間之前，由一個密度極大且溫度極高的奇點膨脹到現在的狀態。根據 2010 年所得到的最佳觀測結果，這些初始狀態大約存在於 133 億年至 139 億年前，並經過不斷的膨脹到達今天的狀態。

天文學家愛德文哈伯的觀測表明，所有遙遠的星系和星團在視線速度上都在遠離我們這一觀察點，並且距離越遠退行視速度越大。如果當前星系和星團間彼此的距離在不斷增大，則說明它們在過去的距離曾經很近。從這一觀點物理學家進一步推測：在過去宇宙曾經處於一個極高密度且極高溫度的狀態。在類似條件下大型粒子加速器上所進行的實驗結果，則有力地支持了這一理論。

基督教的聖經對於西方社會有很深遠的影響，從聖經衍生出來的神學思想，哲學思想，和科學觀，在歐洲社會當中，特別是中古時代，是主流的也是權威性的。歐洲的文藝復興發生於公元 14 世紀到 17 世紀，宗教改革則發生於 16 世紀，這段時期任何影響到天主教教廷權威的理論或學說，都會造成很大的問題。

哥白尼和伽利略都是敬虔的天主教徒，或者說基督徒，哥白尼很謹慎，一直等到他過世前的 1543 年，才出版了《天體運行論》。哥白尼的日心說並沒有讓他受到逼迫，不過在他之後的伽利略則沒有這麼幸運，因為日心說挑戰了當時的主流神學看法和聖經的解釋，伽利略在年老的時候被天主教教庭判為異端，被軟禁在家，在那個時代裏，不但天主教如此看待日心說，就連改革教派的神學家也是如此看待日心說。

從伽利略之後，大約 300 年，比利時的天主教神父，物理學家羅梅村於 1930 年代提出了宇宙大爆炸論，這個理論相當程度衝擊了當代的思想，雖然受到許多人的質疑，這個理論順利的發展開來，羅梅村本人也得到很高的榮譽。

❖—— 第五章 ——❖
比利時的神父，物理學家
喬治·羅梅村



喬治·羅梅村

喬治·羅梅村 (George Lemaitre) 於 1927 年提出了宇宙起源於太初的原子，或稱為初期的原子 (Primeval Atom) 的理論，後來被稱為宇宙大爆炸論之父。喬治羅梅村 1894 年 7 月 14 日出生於比利時的一個小鎮 (Charleroi) 他的父母親都是虔誠的天主教徒。他的父親是學法律的，但是開了一家玻璃工廠，後來因為工廠失火受到很大的損失，他借了錢來資遣這些失業的工人，因為他這樣的善行，布魯賽爾的一個機構就請他去擔任法律顧問，解決了他中年失業的困難。

羅梅村在小時候就表現出對於數學上的靈巧和機敏，他同時也對神學很感興趣。當他九歲時，他對父母親說他將來要做天主教的神父，他的父母親對孩子的想法既不鼓勵也不反對。羅梅村十歲的時候進入了耶穌會所辦的高中讀書，在這六年教育裏，他在數學，物理，和化學的成績十分優異。高中畢業後，他進入了 Saint Michel 學院準備進入魯汶大學 (Louvain University) 的工程學院，在這一個學習的時期當中，羅梅村受到一位老師在學業上和思想上很大的啟發。P. Ernest Verreux 神父成為羅梅村的良師益友，他不但是一個稱職的神父，也是一個非常好的科學家，這位神父特別告誡羅梅村要把科學和神學邊界要劃分的很清楚，在處理科學和信仰的事情上要保持中立，不可存有偏見。這個教導，羅梅村一生都記在心裏。在這段求學過程中，他對於聖經的創世記特別感興趣。

到了 1911 年，羅梅村要進入大學讀書，為了家庭經濟上的考量，他選擇了礦業工程，但是第一次世界大戰，改變了他的職業和人生。1914 年的 8 月，羅梅村和他的弟弟一

同奉召入伍，參加比利時的軍隊和入侵的德國人作戰。四年的軍旅生活和和在實際戰爭的經歷裏，他看到了戰爭的兇殘和瘋狂。

戰爭結束後，羅梅村回到比利時的魯汶大學讀書，這時候他放棄了工程科系，改讀數學和物理，在 1920 年，他得到博士學位，同時也得到神學的學士學位，在同年的 10 月羅梅村決定了他未來的職業，他選擇進入神學院準備做一名天主教的神職人員。他所就讀的神學院是 House of St. Rombaut。這間神學院和當時的主流神學院有些不同之處，神學院的院長和教授都鼓勵羅梅村多一點學習和了解愛因斯坦的相對論，在這樣的氛圍下，羅梅村一面讀神學準備擔任神職人員，一面又進深研究相對論，愛因斯坦是在 1905 年提出狹義（特殊）的相對論，廣義（一般性）的相對論是於 1915 年發表的，在那個年代相對論還是一門很新的理論。從相對論所發展出來的應用和研究還剛開始，羅梅村很幸運的在這個天文物理的發現的大時代裏走進了相對論的研究領域。在 1922 年他寫了一篇論文題目是愛因斯坦的物理學，他用這一篇論文申請到了比利時的國家獎學金到國外做博士後研究。1923 年羅梅村正式的被按立為天主教神父，同年 12 月到英國的劍橋大學做研究。

在英國劍橋大學的研究

到了劍橋大學，愛丁頓爵士接納了羅梅村作他的研究生，在他所主持的天文台做宇宙天文學方面的研究。亞瑟·斯坦利·愛丁頓爵士，（Sir Arthur Stanley Eddington，1882 - 1944 年），是非常傑出的英國天體物理學家、物理學家、和數學家。他的研究工作對於恒星的運動，內部的結構，和進化，有非常大的貢獻。

愛丁頓從理論上研究恆星內部的結構，提出恆星由向內的重力和向外的光輻射壓力維持平衡，內部是高溫的離子化狀態的氣體，相當于理想氣體。經過他的數學模型計算，他解釋了造父變星的變化周期理論。

愛丁頓出生于英格蘭肯達爾一個基督教貴格會家庭，祖上好幾代都是貴格會的會友，父親是一個中學校長，於1884年過世，愛丁頓在他父親過世的時候年僅兩歲，他的母親獨力承擔撫養他們姐弟的責任。愛丁頓幼年是在家中隨母親學習。1893年進入布里麥倫學校，他顯示出在數學和英國文學方面的天才。1898年獲得獎學金，年僅16歲得以進入曼徹斯特歐文斯學院（後改組為今日的曼徹斯特大學）學習物理學，愛丁頓在中學和大學期間都很幸運，遇到非常好的老師，1902年以優異成績獲得科學學士學位。因為突出的成績，獲得劍橋大學三一學院的獎學金，1905年獲三一學院碩士學位，進入卡文迪許實驗室研究熱輻射。1905年他到格林威治天文台工作，分析小行星愛神星的視差，他發現了一種基于背景兩顆星星的位移進行統計的方法，因此于1907年獲得史密斯獎。這個獎項使他獲得劍橋大學的研究員資格。1912年達爾文的兒子，劍橋大學的終身教授去世，愛丁頓被推荐接替他的職位。1913年初，愛丁頓被任命為劍橋大學天文學和實驗物理學終身教授。1914年被任命為劍橋大學天文台台長，不久就被選為英國皇家學會會員。他在逝世前，1938年擔任了國際天文學聯合會主席，直到去世。

第一次世界大戰期間，他被要求服兵役，但由于他信仰基督教貴格會，同時又是一個和平主義者，他拒絕服兵役，他的同事以他在科學研究方面的重要作用為由，成功地要求政府免除了他的兵役。愛丁頓是第一個用英語宣講相對

論的科學家，在第一次世界大戰期間，英國人並不太清楚德國的科學進展，愛丁頓在 1919 年寫了“重力的相對理論報導”，第一次向英語世界介紹了愛因斯坦的廣義相對論理論。一戰過後，愛丁頓率領一個觀測隊到西非普林西比島觀測 1919 年 5 月 29 日的日全蝕，拍攝日全蝕時太陽附近的星星位置，根據廣義相對論理論，太陽的重力會使光線彎曲，太陽附近的星星視位置會變化。愛丁頓的觀測證實了愛因斯坦的理論，立即被全世界的媒體報道。1923 年他出版了《相對論的數學理論》，愛因斯坦認為這本書是：“在所有語言中是表達這個主題最好的版本”。

由於羅梅村和愛丁頓有著相似的基督教背景，以及非常優秀的數理上的才能，和一個很願意學習的態度，這位老師對學生是十分欣賞的。同樣的是，這位學生對於老師也是非常的欽佩，特別是老師對於物理理論和天文學的平衡。這位老師也鼓勵學生能運用觀測到的資料去建立自己的理論，羅梅村在劍橋大學這一年的研究和學習主要是集中在愛因斯坦的普通相對論的應用。

在一年的研究和學習結束後，學生和老師建立了很好的關係，在未來的歲月裏，愛丁頓一直是羅梅村的良師和益友。

在美國哈佛大學的研究

因為羅梅村的研究工作讓愛丁頓很滿意，這位老師給了學生很好的推薦書，於是在英國的劍橋做滿了一年的研究，羅梅村又去了美國的劍橋。1924 到 1925 年間，他到了哈佛大學，跟隨哈佛大學的夏普利教授做博士後研究。

哈羅·夏普利 (Harlow Shapley, 1885 – 1972 年)，美國天文學家，美國科學院院士。1914-1921 年在威爾遜山天文台做天文學的研究，1921-1952 年擔任哈佛大學天文台台長；1943-1946 年擔任美國天文學會會長。另外值得一提的是，他的兒子羅埃德·夏普利是洛杉磯加州大學 (UCLA) 的教授，並且是 2012 年諾貝爾經濟學獎得主。

他主要從事球狀星團 (Globular Cluster) 和造父變星 (Cepheid Variables) 研究。球狀星團是通常由數十萬顆的恆星組成的恆星集團，在軌道上繞著星系核心運行，很像衛星。球狀星團因為被重力緊緊束縛，使得恆星高度的向中心集中，因此外觀呈球形，本書第 126 頁有一張球狀星團的照片。變星 (Variable Star) 是指亮度與電磁輻射不穩定的，經常變化並且伴隨著其他物理變化的恆星。多數恆星在亮度上幾乎都是固定的，然而有許多恆星的亮度確有顯著的變化，這就是我們所說的變星。造父變星是一種非常明亮的變星，其變光的光度和脈動週期有著非常強的直接關聯性。造父變星是建立銀河系和外星系距離標尺的可靠且重要的標準燭光，在下一章會介紹科學家如何利用變星去量度星星間的距離。

夏普利研究球狀星團的分佈，發現它們位在銀河系的周圍，構成銀河系外部結構的主體，更令夏普利驚訝的是，銀河系的中心的位置和太陽位置不相符，太陽是位於人馬座的方位上，距中心約 30,000 光年的地方。我們這才知道，太陽不在銀河系的中心，而是位於偏遠地帶，從邊緣往中心算起三分之一的地方。

在 1924 年的夏季，羅梅村到了哈佛大學，在夏普利的建議下，他開始研究變星的理論及它的觀測，在哈佛大學，

他也去上課，學習實驗光譜學，光譜干擾的問題。

當羅梅村跟夏普利在哈佛大學做研究時，天文學家發現大多數的星雲都有紅移的現象，代表了這些星雲都在遠離太陽系。除了研究變星，實驗光譜學，和紅移現象，羅梅村還保持了對數學的極大興趣，就在這一年，他也申請進入了麻省理工學院的數學博士班。

在 1924 年，愛德文·哈伯（Edwin Hubble，1889 年－1953 年）利用仙女座大星系中的經典造父變星作為標尺來計算它的距離，這個距離顯示出仙女座星系遠超過銀河系的範圍，它不是銀河系內的成員。這解決了島宇宙辯論所涉及的宇宙和星系是否是同義字的問題，或者銀河系只是組成宇宙的眾多星系中的一個。1925 年初，哈伯在華盛頓 DC 的學術會議上發表了他的發現，羅梅村特地趕到華盛頓去聽這個科學論文的發表。哈伯的發現帶給羅梅村很重大的意義，除了仙女星座，是不是還有很多的星系也在銀河系之外？羅梅村沒有閒著，1925 年夏季，他去加州訪問了哈伯，也去了亞歷桑那州訪問了斯利弗。

維斯托·斯利弗（Vesto Melvin Slipher，1875－1969 年）是一位美國天文學家。斯利弗生於美國印第安那州，並在 1909 年於印第安納大學完成博士學位。畢業之後他加入了亞利桑那州旗桿市（Flagstaff）的羅威爾天文台，他畢生職業生涯都在羅威爾天文台度過，1926 年擔任台長直到 1952 年退休。他使用光譜判定行星的自轉周期和大氣層的成分。1912 年他首次在星系的譜線中發現了紅移。1929 年在地球大氣層的中氣層中發現了鈉層。他在 1930 年發現了冥王星。

羅梅村在美國的這一年多的研究和訪問，收集了許多有關於紅移的資料，在 1926 年回到比利時魯汶大學時，他把這些資料和他這兩年的學習發表了關於宇宙的動態和擴張的論文。

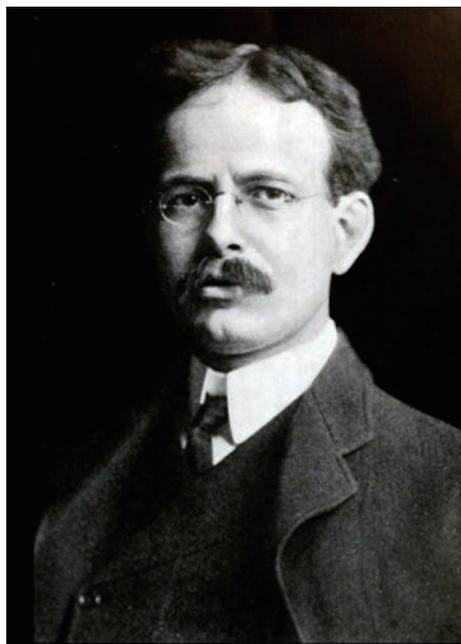
下頁是一張照片記錄了羅梅村於 1925 年在加州威爾遜天文台訪問了哈伯，這個照片是Huntington Library所提供的。



1925 年羅梅村在加州威爾遜山天文台訪問了哈伯，左邊第二人是羅梅村，哈伯站在中間，站在哈伯旁邊的是他的妻子 Grace

第六章

二十世紀初期的 天文學研究和發現



喬治·海爾

在1750年左右，天文學家已經觀測到了星雲（Nebulae），當時的天文學家相信我們所在的銀河系就是整個的宇宙，因此這些星雲應當在銀河系內，他們相信星雲是由小星體及星塵組成。但是在當時德國的哲學家康德相信這些星雲應該是類似於銀河系的星系，或著稱為島宇宙，他的理論並沒有任何觀測的證據，只是他的推測，其中還有神學上的思考，康德認為上帝的創造應當不限於銀河系，20世紀初期，天文學的研究和發現有非常大的進步，宇宙的奧秘逐漸被發現了，在這一章裏，要逐一的介紹這些發現和發展的過程。

喬治·海爾 - 加州威爾遜山天文觀測站

喬治·海爾（George Hale，1868 - 1938年）出生於芝加哥一個非常富有的家庭，他畢業於麻省理工學院，並且到歐洲留學。他在年幼時就對望遠鏡非常有興趣，他希望能建造大的天文望遠鏡，他在芝加哥附近建造了一個40英寸口徑的大望遠鏡，但是他並不滿意，他得到卡內基基金會的資助，在加州的威爾遜山上又建造了一個60英寸（1.5公尺）的望遠鏡，這個望遠鏡於1908年建成，但是海爾還不滿意，他於1922年又建了一座直徑100英寸（2.5公尺）的望遠鏡。這個望遠鏡十分敏銳，可以在15000公里以外看到一個蠟燭。這個天文台的兩座望遠鏡在當時可以說是全世界最大最先進的。

加州威爾遜山天文觀測站的主任和創始人喬治·海爾除了建造了最先進的望遠鏡，海爾也聘用了兩位了不起的天文學家在威爾遜天文台做研究，哈羅·夏普利於1914年-1921年在威爾遜山天文台做天文學的研究，愛德文·哈伯於1919年，受到海爾的聘用，成為其終身職位。

變星 - 星星距離的測量

近代天文學家開始積極的測量星星的距離，天文學家為了探討宇宙的距離及形狀，花費了極大的心血，太陽距離我們有 8 光分之遙，也就是說，太陽只要 8 分鐘就可照射到地球，太陽系的距離以光時計算，而恆星之間的距離以光年計算。光的速度，是一秒鐘 30 萬公里。要對一個天體進行真正「直接」的距離測量，只有在天體與地球之間夠近的情況下才能做到。測量距離更遙遠天體距離的技術是奠基在各種已經用近距離天體測量法校正過其相關性的方法。這幾種方法依賴標準燭光，這是一些光度已知的天體。應用階梯的類比的方法來測量距離，是因為沒有一種方法或技術可以測量天文學的範圍所遇到的所有距離尺度。相反的，一種方法可以用來測量近距離天體的距離，另一種方法可以測量鄰近的中等距離天體，依此類推。每個階梯的梯級提供的資訊，可以用來確定更高的下一個階梯的梯級。

多數恆星在亮度上幾乎都是固定的。以我們的太陽來說，太陽亮度幾乎是不改變的。然而有許多恆星的亮度確有顯著的變化。這就是我們所說的變星。變星可以大致分成以下兩種形態，亮度變化源自於恆星本身，比如說恆星體積週期性膨脹收縮造成光度變化；由於兩星彼此互繞，週期性的相互遮掩，造成觀察時亮度變化。大約在公元 1600 年前後，第一次發現某些恆星光度會改變，我們銀河系中所發現的變星數目已經接近 40,000 顆，在其他星系中的也有 10,000 顆，甚至超過 10,000 顆被“懷疑”是變星。

變星中最重要的是造父 δ 型變星，通常就直接稱為造父型變星，屬於黃色的巨星，並且有非常規律的變光週期。這類變星的變光週期從幾天到數週不等，是最早被發現的變星類型，因仙王座 δ 星，中文名稱為造父一，屬於此類而得名。這型變星的重要性在於可以作為距離測量的標準燭光。她們的光度與變光週期有密切的關聯，而且只受到恆星中金屬含量多寡的影響。通常，脈動週期越長的，光度就越明亮，而只要週期和光度關係被校正好，測出了造父變星的變光週期，距離就可以經由視星等的觀察輕易的換算出來。在本地群的星系之間，測量造父變星的視星等和變光週期，是測量距離的重要依據。天空中明亮的北極星，雖然是比較奇特的一顆，也是造父型變星。

經典造父變星的光度與週期的關聯性是哈佛大學的亨麗愛塔·勒維特 (Henrietta Leavitt, 1868-1921 年) 於 1908 年調查了麥哲倫星雲內成千上萬顆的變星所發現的，她在 1912 年以 25 顆造父變星與更進一步證據一起發表。

亨麗愛塔·勒維特的父親是美國國會的牧師，她於哈佛大學畢業後，參加了哈佛天文台的研究工作，因為基督教信仰的原故，在傳記中記載了她是一個非常親切的女天文學者，她工作十分認真，每天核對和檢查上千個變星的光度和週期，她發現了光度和週期相關的公式，如果兩個變星的週期相同，但是亮度差 9 倍，因為光度跟距離的平方成反比，這兩個變星跟地球的距離是差 3 倍，但是真正的距離還是不知道。不過亨麗愛塔·勒維特的發現已經為星距的測量做出了巨大的貢獻。

在 1913 年，丹麥天文學家 Ejnar Hertzsprung 對造父變星做了些研究，利用視差法測定了銀河系中距離較近的幾顆造父變星，標訂了距離尺度。在 1915 年，美國天文學家夏普利教授成功的解決了造父變星零點標定的問題，並使用造父變星訂出我們銀河系最初的大小和形狀，以及太陽在期間的位置。因著這些天文學者的費心研究，從此星星的距離和宇宙形狀可以量度了。

多普勒效應及星雲的紅移現象

物理學家多普勒發現一種物理現象稱為多普勒效應，一個簡單解釋，就是遠方急駛過來的火車鳴笛聲變得尖細，即頻率變高，波長變短，而離我們而去的火車鳴笛聲會變得低沉，即頻率變低，波長變長，因為聲音和光線都有波的性質，天文學家也應用了多普勒效應，在天文的觀測上。

天文學家在研究星雲的光譜，發現多數的光譜移動到紅色光的一端（波長變長），然後逐漸變為不可見光，這個現象代表了這些星雲是逐漸的遠離了太陽系，也有少數的星雲是漸漸的變為藍光（波長變短），代表它是向太陽系移動。

天文學家維斯托·斯利弗在亞利桑那州的羅維爾天文台（Lowell Observatory, Flagstaff, Arizona）工作，在 1912 年他發現了銀河星系的紅移現象，另外詹姆士·愛德華·凱勒（James Edward Keeler）（任職於利克天文台和阿利根尼天文台），和威廉·華萊士·坎貝爾（William Wallace Campbell）（利克天文台）也同時發現和測量了紅移現象。

大辯論

美國國家科學院於 1920 年安排了一場關於宇宙的大辯論會，這場辯論會主要是討論當時所觀測到的星雲，是單獨的島宇宙呢？還是在我們銀河系中的一部份。參加大辯論的兩派科學家的代表是希伯·科迪斯（Heber Doust Curtis, 1872 – 1942 年）和哈羅·夏普利。這場辯論是 1920 年 4 月 26 日，於華盛頓美國國家科學院史密森尼學會的自然史博物館舉行。兩位科學家在當天先各自提出有關宇宙大小的技術性論文，然後參加在黃昏進行的綜合討論。夏普利和科迪斯兩位於大辯論中提出的技術性論文刊印在 1921 年 5 月發行的美國國家科學院期刊上，發表的論文中也包含參與了 1920 年會議的科學家們對星雲所在位置表達的意見。

夏普利做為銀河系就是整個宇宙議題的代表，他認為像仙女座星雲和螺旋星雲是小天體，並且只是銀河系的一部份。他引用相對大小的主張：如果仙女座星雲不是銀河系的一部分，則它的距離一定是 108 光年的數量級，這是當時大多數天文學家都不能接受的距離尺度。

站在另一邊的科迪斯認為仙女座星雲和其它這一類的星雲都是獨立的星系或島宇宙。他認為出現在仙女座星雲中的新星比銀河系還要多，從這個事例中他問到：為何在這個小範圍的部分區域中，新星會比銀河系其它的部分更多。由此，他推論仙女座星雲是一個獨立的星系。

很顯然的，宇宙的大小不能靠辯論來決定的，這是要靠證據的，不過大辯論吸引了科學家和大眾對這個題目的關注，在大辯論那天，愛因斯坦也是台下的聽眾。

天文學家 - 愛德文·哈伯

愛德文·哈伯（1889 - 1953）出生於密蘇里州，1898年移居到伊利諾州。他在少年時代擅長運動，曾在跳高項目刷新州際紀錄。他曾在芝加哥大學修讀數學及天文學，1910年取得理學士學位，他的父親對他的要求十分嚴格，哈伯一直對天文學感到興趣，不過他的父親一定要他學習法律，及後於英國牛津大學修讀法律碩士學位，亦是首批羅德學者之一。在英國牛津大學的學習和生活，改變了哈伯的人生態度，他成為一個格外保守，莊重，和追求卓越的人，他在英國也學會了吸煙斗，成為他的標誌。1913年，由于父親過世他回到美國，並在印第安納州一中學擔任教師及籃球教練。在經過了一年的教學生涯後，他決定從事天文學的研究，根據哈伯傳記中記載，哈伯說他放棄了牛津大學的法律學位，從事天文學的研究是因為他有使命感，就好像擔任牧師一樣，是有特殊的呼召的，他回到芝加哥大學攻讀博士學位，於葉凱士天文台研究天文，1917年畢業獲得博士學位。



第一次世界大戰後，他應征入伍，並且擔任了少校軍官的職位。戰爭結束後的1919年，哈伯受到加州威爾遜山天文觀測站的主任和創始人喬治·海爾（George Hale）的聘

用，成為其終身職位。這個天文台是卡內基基金會所資助的。這個天文台有兩座在當時是全世界最大最先進的望遠鏡，1908年的一座直徑 60 英寸（1.5 公尺），1922 年的那座直徑 100 英寸（2.5 公尺）。

在前一章裏提到了哈羅·夏普利，他於 1914 年 -1921 年也在威爾遜山天文台做天文學的研究，哈伯加入天文台工作時，夏普利已經成名了，他是哈伯的上司，也是工作上的競爭者，兩個人的個性不一樣，看法也不一樣，哈伯在一戰中是少校，夏普利是反戰的，哈伯認為仙女座星雲不在銀河系之內，夏普利認為我們的宇宙就只有銀河系這麼大，在大辯論之後，夏普利晉升為哈佛大學天文台台長，他出任哈佛天文台的台長從 1921 年一直到 1952 年。對夏普利來說，到哈佛大學去工作是事業上的成就，但是失去了使用最先進的望遠鏡做研究，他把發現的機會讓給了哈伯。

島宇宙的發現

從南加州的帕薩迪納到威爾遜山天文台，開車要走一個小時的山路，冬天山上是下雪的，哈伯值班時，從帕薩迪納開車上山，一住就是好幾天，他的工作十分認真和嚴謹，無數的夜晚中，他吸著煙斗，在黑暗的天文台上觀看星星，並且為星星照像，白天這些照片又要做檢查和對比。哈伯在天文台 4 年辛苦努力的工作之後，在 1923 年的 10 月終於有了收穫，哈伯在仙女座星雲中，找到了一顆造父變星，他的週期是 31.4 天，換算成亮度，是太陽的 7000 倍，哈伯利用和夏普利所發展出來的星距計算，這顆星星距離地球有 900,000 光年，而銀河系的大小也只有 100,000 光年左右，所以仙女星雲是遠遠在銀河系之外的，如此哈伯發現

了島宇宙的存在，不過哈伯很謹慎，並沒有公開他的發現，他繼續努力，在仙女座星雲中又發現了第二顆變星，到了1924年初，哈伯打破了他的沈默，他寫了一封信給夏普利，報告了他的發現，夏普利收到哈伯的信之後說了一句話，他說“這封信破壞了我的宇宙”。

哈伯的這個發現受到當時很多知名的天文學者的反對，特別是哈佛大學的夏普利，不顧這些反對，當時才35歲的哈伯把他的發現發表在時報雜誌上，然後又在1925年1月的美國天文學會上發表，在上一章裏提到了羅梅村當時在哈佛作研究而特別參加了這個論文發表會。因為哈伯有足夠的證據，除了仙女星座以外，在其他的星雲中也找到同樣的證據，他的發現被天文學界所接受，無數的獎章和榮譽接踵而來，有文章稱哈伯是泰坦天文學家（Titan Astronomer）。由於哈伯的發現，我們知道我們所在的銀河系只是宇宙中無數的銀河系之一。

在1924年初，哈伯同葛蕾絲·伯克結婚，她出身於一個非常富有的家庭，結婚後哈伯夫婦非常喜歡社交生活，他們跟好萊塢明星們時相往來，他們經常到好萊塢去參加宴會，哈伯也邀請好萊塢明星們到天文台來看星星。雖然如此，哈伯並沒有忘記他的工作，他要站在哥白尼和伽利略這些偉人的肩膀上，成為更偉大的天文學家。

宇宙擴張的發現

在前面提到了多普勒效應及星雲的紅移現象，斯利佛在1919年觀測了25個星雲，發現大多數的星雲逐漸遠離我們所在的太陽系，在此後的10年裏，斯利佛又觀了20多

個星雲，結果同樣顯示多數星雲遠離我們而去，只有極少數星雲向著太陽系移動，哈伯在發現了所謂的星雲，多數是獨立的銀河系或者說是島宇宙之後，他決定專心研究紅移現象。

1924年起，他在威爾遜山天文台利用口徑 2.5 公尺的胡克望遠鏡費心建造了一系列天文距離指示儀，這是宇宙距離尺度的前身。這些儀器使他能夠通過觀測星系的紅移量來推測星系與地球之間的距離。

他在 1929 年發現，星系遠離地球的速度同它們與地球之間的距離剛好成正比，哈伯和 Milton L. Humason 結合由造父變星測量出距離的幾個星系，和維士都·斯利佛測量的星系退行速度，制定了一個計算星系移動速率和距離的公式。1929 年，哈伯發表了他那篇有名的論文 “A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae。” 在這篇論文中，哈伯提出了哈伯定律。

哈伯定律 (Hubble's law) 表明，來自遙遠星系光線的紅移與它們的距離成正比。這條定律是因證實者哈伯而命名。它被認為是空間尺度擴展 (metric expansion of space) 的第一個觀察依據，和今天經常被援引作為支持大爆炸的一個重要證據。

在宇宙學研究中，哈伯定律成為宇宙膨脹理論的基礎，以方程式表示：

$$V = H_0 D$$

其中，

V 是由紅移現象測得的星系遠離速率，

H_0 是哈伯常數，

D 是星系與觀察者之間的距離。

2013 年，從普朗克衛星觀測獲得的數據，哈伯常數為 67.80 ± 0.77 千米每秒每百万秒差距 (67.80 ± 0.77 km/s/Mpc)。

哈伯對天文學的貢獻是十分偉大的，他不但發現宇宙當中有無數的銀河系，並且發現宇宙是在動態的擴張出去，牛津大學的天文學教授，稱頌哈伯的發現有深遠的影響，哈伯是非常幸運的。不過哈伯對於天文字宙的研究著重於實際觀測，對於理論物理興趣不高。

哈伯成名之後，對於沒有得到諾貝爾獎，覺得很遺憾，他很努力的遊說諾貝爾獎的委員會，但是因為天文學並不在諾貝爾獎的範圍內，所以哈伯始終無法獲獎，但是哈伯的努力沒有白費，在哈伯之後，諾貝爾獎委員會決定頒獎給有成就的天文物理學者。

1953 年 9 月 28 日，哈伯於加州聖瑪利諾因腦血栓逝世，享年 64 歲。哈伯家人並未舉行任何喪禮，其妻子葛蕾絲·哈伯也未向大眾公開哈伯的死訊。哈伯建立了超銀河系的天文學而被認為是 20 世紀最重要的觀測天文學家。為紀念哈伯的貢獻，小行星 2069、月球上的哈伯環形山以及哈伯太空望遠鏡均以他的名字來命名。

羅梅村關於宇宙擴張的研究

羅梅村是學物理和數學的，1925年他在美國哈佛大學作博士後研究，他也訪問了亞利桑那州的羅維爾天文台的斯利佛，還有加州威爾遜山天文觀測站的哈伯，他也取得了天文觀測的紅移資料。在1925年，羅梅村寫了一篇論文，討論了德西特的宇宙模型，他認為德西特在選擇座標系統時有失誤，因此他所推算出的宇宙應當是動態的，總結來說，羅梅村認為德西特的宇宙模型，應該是宇宙擴張模型中的一個特殊的情況。羅梅村的這篇論文，也是他在麻省理工學院博士論文的一部份。不過這篇論文在學術界沒有引起多大的注意。

在1925年發表了論文後，羅梅村回到了比利時的魯汶大學擔任教授，在1925到1927的兩年裏，他把在英國和美國所學習的心得和從美國所得到天文學資料整理了出來，在1927年他發表一篇論文，在論文裏，他提出來根據在物理定律的普適性，以及在大尺度上宇宙是均勻且各向同性的前提下，根據相對論，宇宙應當是擴張的，他並且也根據天文資料推算出空間尺度擴展的規律，星系光線的紅移與它們的距離成正比。羅梅村提出了和哈伯定律同樣的公式，他提出這個公式的時間比哈伯早了兩年。

羅梅村的這篇論文所提出的觀點是創新的，他這篇論文是發表在比利時的一個科學雜誌上的，為何會如此，歷史學家猜測可能是可以比較快一點刊登出來，知名的科學雜誌通常須要較長的審核時間，另外的原因可能是出於他的謹慎性格。論文發表之後，他寄了一份給他的英國指導教

授愛丁頓。在羅梅村 1927 年的論文中，他所推算的常數是 625km/sec ，而哈伯所推算的常數是 500km/sec ，其實相差不大。無論如何這個定律稱為哈伯定律，其實應該是羅梅村定律，後來國際天文學會曾經討論過這個命名的問題，不過最後還是沒有更改。

關於宇宙中有諸多的星系，以及宇宙持續的擴張，聖經有些啟示，聖經以賽亞書成書於公元前 700 年前後，以下經文十分的驚人，也十分的奇妙。以賽亞書，第四十章，第 22 節，“神坐在地球大圈之上，地上的居民好像蝗蟲，他鋪張穹蒼如幔子，展開諸天如可住的帳棚。



加州威爾遜山天文觀測站



哈伯觀察到宇宙有無數的星系，並且宇宙是動態的擴張開來

❖ ——— 第七章 ——— ❖

宇宙大爆炸論的發展

“宇宙中最讓人不能理解的事情，就是我們可以去理解這個宇宙。”

愛因斯坦

愛因斯坦的廣義相對論開啟了一個十分豐富的研究領域，愛因斯坦場方程是非線性的偏微分方程組，因此想要求得其精確解十分困難。因為愛因斯坦場方程式是描述宇宙重力場的幾何關係，因此利用適當的假設和邊界條件來求得這個方程式的精確解，就可以推算出一些宇宙的模型，或是宇宙中的一些特殊的物理現象。這個場方程式的解，我們稱為度規。

儘管場方程式很複雜，仍有相當數量的精確解被求得，但只有一些具有物理上的直接應用，在第二章時就提到了天體物理學家卡爾·史瓦西就在 1916 年得到了引力場方程的第一個非平庸精確解—史瓦西度規，這個解是研究星體引力坍縮的最終階段，即黑洞的理論基礎。基本上，史瓦西利用愛因斯坦場方程所計算出來的宇宙現象是收縮的，可惜卡爾·史瓦西於 1916 年因病過世了。

黑洞

黑洞（Black hole）是根據廣義相對論所預言、在宇宙空間中存在的一種質量相當大的天體和星體（並非一個「洞」）。黑洞是由質量足夠大的恒星在核聚變反應的燃料耗盡後，發生引力坍縮，整個星球會不斷地縮小，最終形成「黑洞」，黑洞的質量是如此之大，它產生的引力場是如此之大，以致于任何物質和輻射都無法逃逸，就連傳播速度最快的光（電磁波）也逃逸不出來。由於類似熱力學上完全不反射光線的黑體，故名黑洞。

黑洞是天文物理史上，最引人注目的題材之一，在科幻小說、電影甚至報章媒體經常可見將黑洞作為素材。迄今為止，黑洞的存在已被天文學界和物理學界的絕大多數研究者所認同，天文界並不時提出於宇宙中觀測發現到已存在的黑洞。

黑洞無法直接觀測，但可以藉由間接方式得知其存在與質量，並且觀測到它對其他事物的影響。藉由物體被吸入之前的因高熱而放出紫外線和 X 射線的「邊緣訊息」，可以獲取黑洞的存在的訊息。推測出黑洞的存在也可藉由間接觀測恆星或星際雲氣圍繞行黑洞軌跡，來取得位置以及質量，俄國的數學家亞歷山大·弗里德曼於 1922 年發現了廣義相對論場方程式的一個重要的解，即弗里德曼 - 勒梅特 - 羅伯遜 - 沃爾克度規，1924 年他在發表的論文闡述了膨脹宇宙的思想，不過這位科學家於 1925 年過世了，沒有繼續這方面的研究。

威廉·德西特是一位荷蘭的數學家、物理學家和天文學家，在 1917 年，當愛因斯坦發表了他的廣義相對論時，他就推算出了一個解答，他所模擬出來的宇宙是一個平坦的宇宙，但是沒有任何的物質，在他所用的計算中，他假設了宇宙常數。德西特所推算出的宇宙非常困擾愛因斯坦，因為廣義相對論就是為了處理重力場裏的質量，動量，時間，空間的幾何關係，如果宇宙是空的，相對論又有何意義。愛因斯坦有好長的時間和德西特討論這個問題。在當時這幾位大科學家都不能明白自己所推算出來的宇宙有任何物理的意義，直到最近大爆炸論有比較完整的發展，科學家們才了解德西特的解答是發生在宇宙大爆炸的極初期。

在愛因斯坦的心裏，他認為宇宙應該是有限度的，球形的，並且是靜態的。這是符合於當時代對於宇宙的觀察和認知，一個動態的宇宙太過於複雜，引伸出來的問題太多，太難解釋。

前一章提到了羅梅村在英國和美國的研究工作完成後，羅梅村回到了比利時的魯汶大學擔任教授，在 1925 到 1927 的兩年裏，他把在英國和美國所學習的心得和從美國所得

到天文學資料整理了出來，在 1927 年他發表一篇論文，在論文裏，他提出來根據在物理定律的普適性，以及在大尺度上宇宙是均勻且各向同性（物理性質不受方向的影響）的前提下，根據相對論，宇宙應當是持續擴張的，他並且也根據天文資料推算出空間尺度擴展的規律，星系光線的紅移與它們的距離成正比。

羅梅村的這篇論文所提出的觀點是創新的，他這篇論文是發表在比利時的一個科學雜誌上的，他寄了一份給他的英國指導教授愛丁頓。羅梅村當時只是一個藉藉無名的物理學家，他的論文並沒有引起注意，甚至他的指導教授愛丁頓也忽視了。

剛巧 1927 年的索爾維國際物理學化學研究會在比利時的布魯賽爾舉行，在大會期間，羅梅村見到了愛因斯坦，以下對於索爾維國際學會做一個簡單的介紹。

1927 年索爾維國際物理學化學研究會 (1927 Solvay Conference)

索爾維國際物理學化學研究會是由比利時企業家歐內斯特·索爾維於 1912 年在布魯塞爾創辦的一個學會。此前一年他通過邀請方式舉辦了第一次國際物理學會議，即第一次索爾維會議。在此次成功之後，研究會繼續負責邀請世界著名的物理學家和化學家對前沿問題進行討論的會議。索爾維會議致力於研究物理學和化學中突出的前沿問題，每三年舉辦一次。由於前幾次索爾維會議適逢 20 世紀 10 年代—30 年代的物理學大發展時期，參加者又都是一流物理學家與化學家，使得索爾維會議在物理學發展史上占據了重要的地位。

量子力學是在 20 世紀初由馬克斯·普朗克、尼爾斯·波耳、沃納·海森堡、埃爾溫·薛定諤、阿爾伯特·愛因斯坦等一大批物理學家共同創立的。量子力學是描寫微觀物質的一個物理學分支，與相對論一起被認為是現代物理學的兩大基本支柱，許多物理學理論和科學，如原子物理學、固體物理學、核物理學和粒子物理學以及其它相關的學科，都是以量子力學為基礎。

最著名的一次索爾維會議是 1927 年 10 月召開的第五次索爾維會議。此次會議主題為“電子和光子”，世界上最主要的物理學家聚在一起討論新近表述的量子理論。會議上最出眾的角色是愛因斯坦和尼爾斯·波耳。愛因斯坦反對海森堡的不確定性原理，因為這個原理應用統計學和概率到量子力學，所以愛因斯坦說“上帝不會擲骰子”而波耳反駁道，“愛因斯坦，不要告訴上帝怎麼做”——這一爭論被稱為波耳-愛因斯坦論戰。參加這次會議的二十九人中有十七人獲得或後來獲得諾貝爾獎。

尼爾斯·波耳，丹麥物理學家。1913 年波耳提出了原子結構的波耳模型。按照這一模型電子環繞原子核作軌道運動，外層軌道比內層軌道可以容納更多的電子；較外層軌道的電子數決定了元素的化學性質。由於「對原子結構以及從原子發射出的輻射的研究」，榮獲 1922 年諾貝爾物理學獎。

在這個大會期間，羅梅村終於見到了愛因斯坦，他把他的關於宇宙擴張的論文給了愛因斯坦，並且跟他討論這篇論文，在讀過羅梅村的論文後，愛因斯坦的評論是：你的數學推論是好的，但是你的物理推論是不愉快的。他也告訴羅梅村，在 1922 年的時候，俄國的數學家歷山大·弗里

德曼於已經通過對相對論場方程式的計算，推論宇宙是擴張的。愛因斯坦並不打算在宇宙擴張這個議題上繼續做研究，他想就此打住這個議題。

但是到了 1927 年，羅梅村的研究工作已經前進很多，他在英國劍橋跟愛丁頓的學習，對於相對論有更深入的了解，在美國哈佛的研究，讓他得到了在當時最先進的天文資料，根據觀測到的紅移現象，他有理論上和實際觀測的資料證明宇宙是擴張的。在這個會議期間，羅梅村陪同愛因斯坦參觀了布魯賽爾大學，羅梅村告訴了愛因斯坦在美國天文台所觀測到的一些新資料，愛因斯坦表示他並不知道這些新的天文資訊。



1927 年索爾維國際物理學化學研究會
(1927 Solvay Conference)

太初原子的宇宙模式

1929年，哈伯發表了他的論文“A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae”，論文表明，來自遙遠星系光線的紅移與它們的距離成正比。哈伯論文所發表的天文觀測結果跟愛因斯坦的宇宙模式並不符合，這個時候英國皇家天文學會的愛丁頓召集一個會議討論哈伯的發現，會議之後還發表了會議論文記錄。會議論文發表之後，羅梅村看見這份報告，立刻通告他的導師愛丁頓，關於他的1927年的論文，已經發表了和哈伯相同的定律並且提出了宇宙擴張的模式。在這個通告裏，羅梅村還把他兩年前寄給愛丁頓的論文再寄了一份給他。愛丁頓收到羅梅村寄來的資料，覺得有虧欠之處，因為他忽視了羅梅村兩年前的論文。愛丁頓此時立刻將羅梅村的論文從法文翻譯成英文，並且發表成英國皇家天文學會的論文。

上一章提到了在羅梅村1927年的論文中，他提出了和哈伯相同的公式，他所推算的常數是625km/sec，而哈伯所推算的常數是500km/sec，其實相差不大。無論如何這個定律稱為哈伯定律，其實應該是羅梅村定律。

在1929年哈伯的發現之後，愛因斯坦並沒有立刻接受這個觀點，又過了兩，三年他才接受宇宙擴張的事實。在了解動態及擴張的宇宙之後，愛因斯坦很後悔在他的場方程式中所加入的常數，好讓宇宙保持常態，他認為這是一生所做的最大失誤。

羅梅村因為是第一個物理學家提出了一個完整的動態宇

宙模型，並且有天文觀測資料的支持，而吸引了天文物理界的注意，從此羅梅村進入了世界天文物理的大舞台上了。

羅梅村於 1927 年提出了宇宙擴張模式的論文，但是他這個模式是建立在愛因斯坦和德西特的模式上，也就是說一個靜態的宇宙已經存在了，然後從這個靜態的宇宙再擴充出去成為動態宇宙，但是這樣的宇宙模式是不穩定的，無法存在，因為天文觀測的資料已經證明宇宙隨著時間在擴大，那麼隨著時間倒退回去計算，宇宙應當有個起始，經過了幾年的思考，羅梅村於 1931 年提出了「**太初原子**」（**Primeval Atom**）的宇宙模式，在這篇論文中，羅梅村提出宇宙起源於一個密度極高，體積極小的一個奇點，在這個太初的原子裏，包含了整個宇宙的質量，在突然間這個太初原子分解和幅射開來，時間和空間開始存在，從這裏，時間不斷的演進，空間不斷的擴大，以致於形成今日的宇宙，這個宇宙還不斷的擴充開來。

羅梅村在 1931 年所提出的宇宙模式可是史無前例的，時間和空間是有一個開始的，他稱那個開始的時間是“**沒有昨天的那一天**”（**The Day Without Yesterday**）。

愛因斯坦於 1931 年在加州理工學院教書，他利用這個機會去參觀威爾遜山天文台，並且仔細的審閱了哈伯的天文資料。下面的兩張照片是 1931 年 1 月 29 日，愛因斯坦訪問威爾遜山天文台的記錄，第一張照片是在天文台的圖書館裏照的，前排左邊第二人是愛因斯坦，哈伯就站在他後面，第二張照片是在天文台的外面照的，前排左邊第一人是愛因斯坦，哈伯站在他後面。這兩張歷史性的照片是杭廷頓圖書館（Huntington Library）所提供的。

在 1931 年 2 月，在天文台的圖書館裏，愛因斯坦對著大群的記者宣布，他接受宇宙是動態擴張的事實，他也提到羅梅村動態擴張的宇宙模式是對的。報紙的大字標題說哈伯改變了愛因斯坦的想法。



1931 年愛因斯坦訪問威爾遜山天文台（圖書館裏）



1931 年愛因斯坦訪問威爾遜山天文台
(天文台的外面)

1932 年，羅梅村和一群劍橋大學的天文學家到加拿大的蒙特羅訪問，他們計劃在那裏觀測日蝕，離開加拿大之後，羅梅村來到美國麻州的劍橋市，和愛丁頓一起參加第四次

的國際天文學會，在這個大會上，羅梅村遇見了他在哈佛大學時的指導教授夏普利，夏普利很嚴格的評審了羅梅村的宇宙模式及它的推論，羅梅村認為在宇宙開始的時候好像一個巨大的煙火會，如此必然有殘存的痕跡，或是說有遺留下來的化石，他認為宇宙射線可能就是殘存的煙火痕跡。羅梅村也利用了這個機會去訪問了麻省理工學院及他的指導教授，交換研究心得。在美國東部訪問之後，他於1933年的1月又來到加州理工學院參加一個學術會議，這個學術會是在加州理工學院的 *Athenaeum Club* 舉行。

加州理工學院的 Athenaeum Club

在希臘文裏，*Athenaeum* 這個字是指智慧女神的住處，這也專指雅典的女神廟。在古時候，哲學家，詩人，演講家，常常聚在女神廟發表他們的意見，交換研究心得，到了1824年，英國人在倫敦成立了俱樂部，成為文學家，詩人，科學家，藝術家聚會的地方。加州威爾遜山天文台的主任和創始人喬治·海爾也是加州理工學院的董事，在1921年就想到在加州理工學院也成立一個俱樂部，在他的推動下，1931年加州理工學院的 *Athenaeum* 俱樂部正式成立了。在那個年代裏，威爾遜山天文台，在聖瑪利諾市的杭廷頓圖書館，加州理工學院的 *Athenaeum* 俱樂部是南加州的科學家，藝術家，和文學家的社交中心。時至今日，杭廷頓圖書館和花園風景依舊，並且又建設了一個中國式的江南園林，十分值得觀賞，是假日出遊的好地方。

在1930，1940年代，包括愛因斯坦，邁克生，羅梅村，霍伊，還有許多知名的科學家，都到過加州理工學院來講學或參加學術會議，*Athenaeum* 俱樂部是一個很舒適的接待中心。



今日的加州理工學院 Athenaeum 俱樂部

在 1933 年加州理工學院的會議中，羅梅村作了兩次學術報告，一次是談論他的宇宙起源和擴張的模式，一次是關於宇宙射線可能是宇宙起源時所殘留下的證據。在他的學術發表會上，愛因斯坦還有其他的學者，都來聽他的理論。

羅梅村的這個驚人的理論以及他的教會背景，吸引了很多聽眾，特別是新聞記者。在紐約日報的頭版上，記者報導“羅梅村沿著兩條路徑來探討真理，一個知名的物理學家同時又是神職人員，他告訴你科學和宗教信仰是沒有衝突的”。在加州理工學院的會議上，羅梅村發覺愛因斯坦的態度改變了，他能夠欣賞羅梅村的研究成果了，事實上在 1931 年，愛因斯坦已經接受了宇宙擴張的這個事實。

在這個學術會上，羅梅村還用一首詩來形容他的理論：

“在一切事務開始之前，我們有一個無與倫比的煙火晚會，然後在一個爆炸之後，諸天和煙灰出現了，我們來的太晚，只能看到創造生日後的莊嚴和美麗。”

在這次會面中，愛因斯坦告訴羅梅村，他認為羅梅村的宇宙模型，有太多的創造論的建議在裏面，關於宇宙射線的問題，他應該去跟羅伯特·密立根討論。

羅伯特·密立根是美國物理學家，芝加哥大學博士，是本書第三章提到的光學專家阿爾伯特·邁克生的學生，1923年獲得諾貝爾物理學獎。1916年曾驗證了愛因斯坦的光電效應公式是正確的，並測定了普朗克常數；另外他在宇宙射線方面也做了一些工作。在1917年，天文學家喬治·海爾邀請密立根在帕薩迪納 Throop 技術學院教書，幾年後 Throop 學院成為加州理工學院。從1921年至1945年，密立根擔任加州理工學院的“行政會議的主席”，他在加州理工學院的研究主要集中於宇宙射線。

在今天能收集到的記錄裏可以看到愛因斯坦，羅梅村，和密立根在一起的照片。除了談論羅梅村的研究外，他們也一起探討場方程式的宇宙參數，自從宇宙擴張這個事實被證實後，愛因斯坦覺得他當初在場方程式中加入了一個宇宙常數是他一生中最大的失誤，他當初加入這個常數是為了當時對於宇宙的認知是穩恆態的，一旦哈伯和其他的科學家已經能證明宇宙是動態擴張的，他想要把這個常數從場方程式中去掉。

但是羅梅村卻有不同的看法，他認為這個常數有物理的意義在裏面，這個項目可能跟宇宙的某種能量有關，因此不該去掉。關於這個問題，到了 1947 年羅梅村再次寫信給愛因斯坦，要求他保留這個宇宙常數在他的場方程式中。這個問題到了 2000 年左右，科學家發現宇宙擴張的速度是不平均的，因此加入宇宙常數是必要的，關於這個問題，第十章還會有些討論，這是羅梅村的貢獻。

除了宇宙常數，羅梅村也跟愛因斯坦討論到奇點的問題，因為奇點在直覺上很難讓人領會，羅梅村希望能夠找到宇宙開始於一個非奇點的狀態，他跟愛因斯坦一起討論的結論是奇點是無法避免的。近代的物理學家霍金也認為奇點的存在於相對論的宇宙模型裏是無法避免的。

在加州理工的校園裏，常常看到兩個人在一起散步和交換意見，記者們悄悄的在旁跟班和記錄，盼望得到一些科學新聞。

在這次的學術會上，羅梅村很成功的發表了和介紹了他的太初原子論的宇宙模型，他的理論得到了愛因斯坦的讚許，也受到大眾的關注。



1933 羅梅村和愛因斯坦在加州理工學院的照片

德國的納粹黨希特勒于 1933 年出任德國總理。納粹黨執政後，威瑪共和時代結束，德國進入希特勒獨裁時代。到了 1933 年的夏天，4 月 1 日，納粹黨沒收了愛因斯坦的私人財產及論文，德國也開始了反猶太人的運動，為了抗議納粹黨的行動，以及叫醒德國一般人的良心，愛因斯坦正式辭去了柏林大學的教授職位，也辭去了普魯士科學院院士，他還到比利時的德國領事館交還了德國護照。愛因斯坦夫婦暫時住在比利時，羅梅村這時來拜訪了愛因斯坦，在比利時 Franqui 基金會的資助下，羅梅村安排了一個學術研討會在布魯賽爾的 Foundation 大學舉行，愛因斯坦欣然的接受了這個邀請，這個學術會議上，這些學者之間有很好的交流，5 月 17 日學術會結束了，這也是愛因斯坦和羅梅村最後的見面，在往後的歲月裏，他們沒有再見面，但是仍然保持了通信的連繫。愛因斯坦從比利時到了英國，再從英國到了美國，定居在新澤西的普林斯頓大學，在大學裏的高等研究所教書。在愛因斯坦的推荐下，1934 年羅梅村得到比利時國王所頒發的青年比利時科學家大獎，獎金是 \$33,000，這是一個殊榮。

愛因斯坦的信仰

關於愛因斯坦對於信仰的態度問題，一直聽到不同的說法，有人說他相信上帝，有人說他不相信，這種矛盾的看法也是有原因的，因為在他內心的深處也是有看法的，在現在能找到的文獻中讓我們看到他是反對有組織的宗教團體的，但是在他的許多言論中我們也看得出他內心深處信仰的一面，在 1929 年 10 月 26 日的記者訪問裏（Saturday Evening Post），愛因斯坦說：“在作孩子的時候，我接受了從猶太教法典和聖經來的教導，我是一個猶太人，我被拿撒勒人耶穌的光輝所吸引，沒有一個人讀了聖經不感受

到耶穌的存在，沒有一個神話能充滿了這樣的生命”。在別的地方，他也說過：“宇宙中最讓人不能理解的事情，就是我們可以去理解這個宇宙。”愛因斯坦也常提到他的相對論是建立在一個很深的信仰上，那就是這個宇宙是建立在一個簡單的宇宙原理上。

聖經影響西方世界將近兩千年了，創世記是聖經的第一卷書，創世記的第一句話就是：“起初神創造天地”。英文聖經是這麼說的：“*In the beginning God created the heavens and the earth*”，這句話在西方人中是耳熟能詳的一句話，所以當羅梅村提出了太初的原子論時，愛因斯坦就對羅梅村說你的學說中建議了創造論。在那個時代裏，大多數的科學家對於羅梅村的宇宙模式和他的太初原子論都有這種看法。很多科學家認為羅梅村提出太初原子論，認為宇宙有開始是受到基督教聖經的影響，他是想找科學理論來維護基督教的信仰。

到了 1935 年，羅梅村有機會到美國的聖母大學作訪問學者，相信他和愛因斯坦該有見面，但是沒有資料和記錄，1938 年羅梅村再次來到美國開會，1939 年開始了第二次世界大戰到 1945 年大戰才結束。在二次世界大戰期間，羅梅村一家都留在比利時。戰爭初期，羅梅村的父親就過世了，他就擔負了照顧母親的責任，羅梅村一直沒有離開比利時，二戰結束後，普林斯頓高等研究所曾邀請他擔任教職，他拒絕了，一直到 1958 年他的母親過世，羅梅村才出國講學或參加學術會議。

在二戰期間，一切的科學研究發展都受到戰爭的影響，天文物理的研究也當然的放在一旁。羅梅村在魯汶大學的研究興趣也轉到數學和電腦的應用方面，在二戰之後有兩組

科學家進入宇宙形成的研究領域，一組科學家是美國的喬治·伽莫，他們延續了羅梅村的研究工作，提出了熱爆炸和太初核合成的理論。另一組科學家是英國劍橋大學的弗雷德·霍伊爾爵士，他們提出了穩恆態宇宙模型。

大爆炸論所衍生出來的問題

羅梅村所提出來的宇宙擴張模式，最先稱為太初原子模型，後來到了 1948 年被稱為宇宙大爆炸論，一直沿用到今天，這個理論在 1933 年提出來之後，衍生出不少的問題。

- a. 地球上現在已經知道的化學元素有 118 種，這些化學元素從何而來？
- b. 當時由哈伯定律所計算出來的宇宙年齡是 18 億年左右，而由化石所計算出來的地球年齡已有 40 多億年，這是不合理的。
- c. 宇宙大爆炸之後，應當留下一些化石或者說痕跡，到底什麼是大爆炸之後的痕跡和證據呢？
- d. 大爆炸論是否是科學版的聖經創世記？大爆炸論是否證明了上帝的創造和存在？

大爆炸論的歷史發展很有意思，就在這個時候俄裔美籍的核子物理學家喬治·伽莫和他的助手兩個猶太裔的美籍物理學家拉爾夫·阿爾菲和羅伯特·赫爾曼進入了大爆炸論的研究舞台。

喬治·伽莫的研究工作 - 大初核子合成 (*Big Bang Nucleosynthesis*)

喬治·伽莫 (George Gamow, 1904 - 1968 年) 生于烏克蘭，外祖父還是東正教的一個主教，伽莫在自傳裏提到他在年幼時對於事情很有研究的精神，1922 年進入新俄羅斯大學就讀，不久轉到列寧格勒大學，他原來希望研究相對論，曾師從著名宇宙學家亞力山大·弗里德曼學習。但是因為弗里德曼突然過世，他就跟隨另外的指導教授學習核子物理，命運的安排讓他成為核子物理的專家。1928 年獲得博士學位。1928 年到 1932 年間曾先後在德國哥廷根大學、丹麥哥本哈根大學尼爾斯·波耳研究所和英國劍橋大學卡文迪許實驗室跟著名物理學家波爾和盧瑟福從事研究工作。在哥廷根大學期間，伽莫成功地將量子理論應用到原子核的研究，解釋了 α 衰變。1931 年，伽莫回到蘇聯，擔任了列寧格勒科學院首席研究員，並且在列寧格勒大學擔任物理教授。伽莫對於當時斯大林的統治十分不滿意，也不能忍受。1933 年索爾維國際物理學會邀請了伽莫夫婦參加，這是很高的榮譽，蘇聯政府批准伽莫夫婦出席，利用在比



利時布魯塞爾開會時，伽莫利用機會離開了蘇聯。離開蘇聯後，伽莫在法國巴黎的居里研究所從事研究，1934年移居美國，同年秋天被聘為哥倫比亞特區的喬治華盛頓大學教授。在喬治華盛頓大學工作期間，伽莫主要從事宇宙學和天體物理學研究，發展了大爆炸宇宙模型，並且研究了宇宙初始階段化學元素起源的問題。這個時期是他學術生涯的頂峰，伽莫和他的兩個助手對於宇宙大爆炸論做出重要的貢獻。

拉爾夫·阿爾菲（Ralph Asher Alpher，1921－2007年），美國物理學家、天文學家，他的父親是從俄國移民到美國的猶太人。阿爾菲在少年時期就表現出極高的天份。他在16歲那年，便得到了麻省理工學院的獎學金，但是在一個非正式的口試中，他提到自己的猶太裔背景，很快的，他的獎學金被取消了，於是他轉到喬治華盛頓大學讀書，並且是半工半讀的完成了學士學位。阿爾菲的數學能力非常好，在學校裏他認識了物理學家伽莫，並且在伽莫的指導下完成了博士學位。

羅伯特·赫爾曼（Robert Herman，1914年－1997年），美國物理學家、天文學家，赫爾曼的背景也是從俄國移民到美國的猶太人。赫爾曼於1940年，在普林斯頓大學讀完物理博士學位。因為在工作時認識了阿爾菲，並且知道他和伽莫從事天文科學的研究，1940年代赫爾曼與伽莫以及阿爾菲一同研究了宇宙大爆炸模型。

在那個時代，伽莫在核子物理學領域的學術背景是非常優異的，但是因為他在俄國的教學研究工作，讓他有了俄國紅軍的資歷，因此他未能參與美國曼哈頓原子彈的研制工作。所以在這個時期伽莫轉去研究太初核子合成的研究。

在介紹伽莫的太初核合成的工作之前，要先解釋恆星核合成這個研究和概念。

恆星核合成 (*Stellar Nucleosynthesis*)

太陽所發出來的光和熱是從那裏來的？宇宙中這些物質化學元素是從那裏來的？在隨著原子科學，核子物理的發展，這些複雜的過程在 20 世紀初期開始逐漸被了解，首先知道的是長期以來產生太陽的光和熱的能量來源是核反應。在 1920 年，亞瑟·愛丁頓，首度建議恆星的能量，是來自於將氫融合成氦的核融合反應，這只是一個假設，沒有人知道這個過程。

在 1930 年代，伽莫對於恆星發光的能源問題就很有興趣，伽莫和愛德華·泰勒（氫彈之父）推導出核反應進行的過程和速率，並相信恆星內部存在著極高的溫度。恆星核合成是在恆星的核心內進行，能將輕的元素燃燒成更重的元素的核反應總稱。在太陽內產生能量的主要核反應是將氫融合成氦的核融合，它至少要 300 萬 K（絕對溫度，0 度 K = 攝氏零下 273 度）的高溫才能進行。

在 1938 年，伽莫安排了一個科學研討會，題目是“恆星能量來源的問題”，有許多重要的科學家參加了這個學術會，其中包括了愛德華·泰勒和漢斯·貝特。泰勒和貝特都是曼哈頓計劃的重要科學家，也同樣是猶太裔的美國物理學家。

在 1939 年，在一篇名為《恆星能量的產生》的論文中，漢斯·貝特分析了氫融合成氦的可能過程，他選擇了兩種認為可能發生在恆星內產生能源的過程。第一種是質子 -

質子鏈反應，是質量像太陽這樣的恆星產生能源的主要過程；第二種是碳-氮-氧循環（CNO Cycle），被認為是卡爾·魏茨澤克在 1938 年曾提出的，是質量更大恆星的主要能源；這些反應產生的能量能持續維持恆星內部的高熱。因為這個發現，貝特於 1967 年得到諾貝爾獎。但是在這個時候，他們沒有談到如何創造更重的元素。

伽莫的研究不在恆星的通過核子反應產生光和熱，他希望了解宇宙中的物質元素是如何產生的。現在所知道的元素有 118 種，但是當時的科學家已經知道，宇宙中有 75% 是氫元素，24% 是氦元素，而剩下的 1% 包括了所有的其他化學元素，伽莫認為在宇宙開始的時候，是一個極高溫又極小的火球，在擴張的過程中產生了氫元素和氦元素，這個過程稱為太初核子合成，在伽莫的指導下，這個研究成為了阿爾菲的博士論文。

伽莫安排阿爾菲研究了大爆炸中元素合成的理論。在阿爾菲 1948 年提交的博士論文中，伽莫說服了漢斯·貝特把他的名字署在論文上，又把自己的名字署在最後，這樣三個人名字的諧音恰好組成前三個希臘字母 α 、 β 、 γ 。於是這份標標誌宇宙大爆炸模型的論文以阿爾菲、貝特、伽莫三人的名義，在 1948 年發表，稱為“ $\alpha\beta\gamma$ 理論”，這篇論文的正式題目是“化學元素的來源”，雖然這篇論文是研究化學元素的來源，但是他們只能提出氫和氦的形成，其他更重的元素的產生並無法解釋，因為這個理論是非常先進的，在論文口試那天，來了二、三百位記者，當時是十分引人注意的。

伽莫的研究，接續了羅梅村的研究工作，成為熱大爆炸宇宙學模型，這個模型認為，宇宙最初開始于高溫高密的

原始物質，溫度超過幾十億度。隨著宇宙膨脹，溫度逐漸下降，形成了現在的星系等天體。伽莫，阿爾菲，和赫爾曼認為在宇宙創造後 1 秒到 30 萬年間，宇宙是充滿光能和熱能的，宇宙在 30 萬年時，大約是 1 萬度絕對溫度，經過了宇宙擴張了 137 億年，光的能量喪失，溫度降低到絕對溫度 5 度左右，如同壁爐內的木柴，在燃燒完之後，殘存的餘光和餘溫一樣，背景輻射就成為大爆炸之後所殘留下的餘輝。

這些創造的痕跡在伽莫之後的 20 年裏，沒有人願意去研究，伽莫的推測，也被大家忘記了。科學家們認為大爆炸論牽涉到太多的宗教問題。直到 1964 年彭齊亞斯和威爾遜偶然發現了微波背景輻射，證實了他們的預言。

在 1940 年代，主要的宇宙形成的模型有大爆炸論和穩恆態宇宙（或稱為恆穩態宇宙）一方面有許多科學家質疑羅梅村的理論有基督教信仰的背景，但是同時有一些基督徒相信穩恆態宇宙模式，並不喜歡大爆炸論，但是天主教的教廷是贊同大爆炸論的。

弗雷德·霍伊的穩恆態宇宙模型

弗雷德·霍伊，（Sir Fred Hoyle，1915 – 2001 年），霍伊出生于英國約克郡。青年時期的霍伊有很強的獨特思維，這個性格一直表現在他的人生裏，霍伊是在劍橋大學讀書，1936 年畢業後攻讀碩士學位，1939 年獲得碩士學位。第二次世界大戰爆發後，霍伊爾被征入海軍部研制雷達。

1945 年霍伊爾獲聘為劍橋大學的數學講師。1958 年擔任天文及實驗哲學教授。1967 年霍伊創建了劍橋大學的理論

天文研究所，並且成為首任所長。1970年霍伊擔任英國皇家學會副會長，1971年至1973年擔任英國皇家天文學會會長。1972年獲封爵士。

赫爾曼·邦迪（Sir Hermann Bondi，1919 - 2005年），湯馬士·戈爾德（Thomas Gold，1920-2004年）出生於奧地利的猶太人，他們兩位也都是在中學時代，就在數理方面有優異的表現，在二次世界大戰前，逃避納粹黨而到英國劍橋大學讀書，二戰期間跟隨弗雷德·霍伊一同為英國海軍部研制雷達。二戰之後，這三位科學家都陸續的回到劍橋大學教書和做研究。

有一回三個人一起在劍橋大學裏看科學幻想片的電影，回去之後有了靈感，在1948年戈爾德和邦迪發表了穩恆態宇宙模型，同時霍伊也發表了一篇關於穩恆態的宇宙模型的論文，在穩恆態宇宙模型論文中表示宇宙雖然在膨脹，但外觀不隨時間而改變，也就沒有開始和結束。他們認為在大尺度下宇宙在各處是沒有任何差異性的，只在區域範圍內會有明顯不同，因此在大尺度下宇宙是均勻的。他們估計在宇宙膨脹狀態中，每立方公尺真空空間中每十億年就產生一個氫原子。物質的產生將可以確保宇宙在擴張時保持一定密度。

穩恆態宇宙模式有一個好處，就是它一方面滿足了宇宙擴張的事實，一方面又告訴我們宇宙的外觀不隨時間而改變，也就沒有開始和結束。這種理論也符合當時許多人的看法，對於非基督徒來說，這個理論證明沒有上帝創造的必要，對於一些基督徒相信上帝瞬時間創造宇宙的來說也就比較容易接受了，通過大爆炸的方式來創造宇宙，在直覺上對許多基督徒來說，是不容易接受的。

穩恆態宇宙模式起初並沒有引起太多的注意，霍伊把他們的論點提升到廣播節目裏，他在 1949 年 3 月的一期 BBC 廣播節目《物質的特性》（The Nature of Things）中將羅梅村等人的理論稱作“**這個大爆炸的觀點**”，自從霍伊在廣播節目中用諷刺意味來提起羅梅村的太初原子論為大爆炸論之後，羅梅村的理論就變成了“**大爆炸論**”，一直被沿用到今天。

羅梅村的大爆炸論是有理論基礎的，他是建立在愛因斯坦的普通相對論的場方程式上，並且有哈伯宇宙擴張的觀測資料。相對於大爆炸論，霍伊的穩恆態宇宙卻是有點玄學意味。科學史學家都認為提出穩恆態宇宙理論的動機是為了避免創造論，他們不喜歡宇宙有個開始，但是很諷刺的是穩恆態宇宙模型需要假設有微量的氫原子不斷的被創造出來，因此在霍伊的理論裏還是要假設一個微創造，同時這個假設又違反了質量守恆定律。

霍伊曾說過“不是我們支持穩恆態宇宙論，實在說我們在情感上喜歡它”。戈爾德，邦迪，和霍伊都是無神論者，霍伊又特別反對天主教。雖然如此霍伊和羅梅村保持了在學術上彼此的尊重。

前面提到了大爆炸論跟據哈伯所推算出來的宇宙年齡遠小於地球的年齡，這是大爆炸論在當時存在的一個問題，二次世界大戰期間，哈伯離開了天文台參於戰事的訓練工作，當時在威爾遜山天文台工作的哈伯同事修正了哈伯的計算，到了 1952 年，修正後的宇宙年齡將近於 40 億年，大爆炸論所推算出來的年齡問題，逐漸解決了，近年來的發現，宇宙年齡大約是 137 億年。

1960年代，越來越多的證據令大爆炸宇宙模型為人們廣泛接受，然而霍伊卻一直堅持自己的穩恆態宇宙模型。在他看來，大爆炸模型最初的“奇點”難以令人接受。

關於宗教上的質疑，羅梅村在1958年的索維爾會議上，為他的學術立場做了辯護，他認為大爆炸論提出宇宙有一個開始，完全是一個科學理論，並不能證明上帝，上帝的存在不能用科學來證明的。

天主教教廷的反應

1951年11月教宗庇護十二世在羅馬對著紅衣主教們和義大利的教育部長，以及天主教科學院的院士們，包括了羅梅村，發表了關於宇宙大爆炸論的意見。教宗是這麼說的：

“宇宙剛開始的時候，物質是一個什麼性質和狀態？根據不同的理論，這個答案會是十分不相同的，但是這些答案之間還是會有某種共同點，這個共同點，就是在宇宙開始之時的密度，溫度，和壓力都是驚人的巨大的。

當一個被啟發和光照的心靈很清楚的，很嚴格的檢查和判斷這些事實，他會理解全能者創造的工作，並且承認祂的權能，在億萬年之前，在創造之聖靈的大能命令之下，在祂豐富的慈愛裏，在爆炸的能量裏，命定宇宙中的物質的存在。

確實的，從過去的世紀一直到今天的科學，很成功的證實了神說要有光 就有了光 的那個高貴令人敬畏的時刻，在那時刻，從空虛和不存在之間，爆炸出了光海和輻射，形成了物質，並且這些元素最終形成了無數的銀河系。”

在這裏提到的“神說要有光，就有了光”是引用聖經創世記第一章第三節。

社會的反應

大爆炸論和恆穩態宇宙論提出後，自然引起學術界及社會裏各階層的關注，在咖啡店裏人們討論這個問題，在學校裏，在社交場合裏，這都是有趣的話題。當天主教教宗發表了他的看法之後，有個科學家跟哈伯開玩笑說你快要封為天主教的聖人了，當有人告訴霍伊和戈爾德關於教宗的演說，戈爾德譏笑的說教宗以前不也是說地球是不動的嗎？另外也有人說羅梅村為了信仰辯護，所以想建立科學版的創世記，在當時的西方世界裏，這一切僅止於討論。

在當時的蘇聯，情況卻十分嚴重，在當時的政治氣氛下，創造這兩個字是不被允許的，因為有創造就代表有創造主，就代表有上帝，在史達林時代是絕對不允許的，在蘇聯有些天文學者因為研究和教導大爆炸論，而被判有罪，送去勞改。霍伊在這段時間訪問了蘇聯，因為他的模型建立在宇宙是自有永有的狀態而不需要有創造主，所以當時的蘇聯還可以接受他，至於他模型中的氫原子的微創造要改為微製造。

科學界和科學家們的反應

在伽莫和阿爾菲以及赫爾曼發表了利用太初核合成的理論加入大爆炸論，並且預測在大爆炸之後，宇宙會有殘存的能量，它的熱度大約是 5 度絕對溫度。伽莫和阿爾菲以及赫爾曼的論文發表時吸引了很多的關注，但是很快的熱

情就降溫了，伽莫的研究團隊也沒有提出有效的研究計劃來證實他們的理論，在同時，霍伊和他的研究團隊，也沒有更多的研究發現和進展。除此之外，宗教的意識，造成科學界對大爆炸論有些成見，天主教已經接納大爆炸論，科學界對此也有看法，如此一來，大爆炸論就被科學界擱置了起來，這一停置就停了大約 15 年。

伽莫喜歡喝酒，他和阿爾菲以及赫爾曼作研究工作時，常常在學校附近的酒館中討論這些科學題目，霍伊和伽莫有些交情，在霍伊的自傳中提到，伽莫喜歡開玩笑，有時近乎惡作劇，他對於討論的項目會很快失去興趣而跳到另外的題目去。

1953 年，伽莫參與在冷泉港召開的研討會，華森、克里克在會中介紹了他們新發現的 DNA 雙螺旋結構。伽莫在會後寫了信件給華森與克里克，提出他的想法。在信件中，伽莫先列出 25 種最常見的胺基酸，根據 DNA 的四種核酸為 20 種胺基酸進行編碼的想法，建立了一個數學模型。他是首位以密碼學角度來思考 DNA 的學者。伽莫隨後在柏克萊加州大學組織了一個非正式的研究小組，伽莫根據胺基酸出現在蛋白質中的頻率進行分類，提出三個核酸一組為 20 個氨基酸編碼的概念，形成遺傳密碼學說。

伽莫還是一位優秀的大眾科學作家，在他一生正式出版的 25 部著作中，有 18 部是大眾科學作品，其中最具代表性的是《物理世界奇遇記》。在這部作品中，伽莫成功地塑造了只懂數字不懂科學的銀行職員湯普金斯先生這個人物形象，通過他夢遊物理幻境的奇妙經歷，以幽默、生動的語言將物理學的重要概念介紹給讀者，獲得了極大的成功。1956 年，伽莫獲得聯合國的大眾科學獎。

阿爾菲和赫爾曼也分別於 1955 年前後離開了學術界，到通用電器（GE）和通用汽車（GM）的研究所裏從事應用物理方面的研究。後來這兩個科學家又分別回到大學裏教書。

伽莫和他的太初核合成理論成功地解釋了在宇宙開始的時候氫和氦的產生，其它的更重的元素如何產生，太初核合成的理論卻無法解釋，重要的問題在於碳原子的形成太難理解，碳原子的形成需要很高的溫度並且需要較長的時間才能形成，大爆炸之後溫度很快降低，並且沒有足夠的時間來製造碳原子。霍伊在 1950 年初開始了恆星核合成的研究，1952 年霍伊從劍橋大學休假到加州理工學院作研究時，他拜訪了威廉·福勒（William Fowler，1911-1995 年）。

福勒，1936 年在加州理工學院獲得核物理學博士學位。他的博士論文內容是關於質子與輕元素發生的核反應，這個過程對於恆星內部的碳氮氧循環很重要。此後他一直留在加州理工學院教書直到他逝世為止。

霍伊拜訪了福勒，請求福勒在實驗室中測試從氦原子轉換成碳原子的可能性，霍伊使用了碳-12 在宇宙中是豐富的事實，作為碳-12 有共振存在的證據，霍伊提出了想法給福勒，他承認這樣的能階是可能存在的，而在過去的工作中被忽略掉了。在簡要的規劃之後，他在加州理工學院凱洛格輻射實驗室的研究小組，就在 7.65MeV 附近發現了碳-12 的共振。

霍伊和福勒發現了氦原子核如何轉換成碳原子核的過程，這個過程稱為 3 氦過程（triple-alpha process），是 3 個氦原子核（ α 粒子）轉換成碳原子核的過程，這種核融合反應可以在超過一億度 K 的高溫和氦含量豐富的恆星內部發生。

1957年，霍伊和伯比奇夫婦（傑佛瑞·伯比奇和瑪格麗特·伯比奇）、威廉·福勒四人提出了元素合成理論，即著名的B2FH理論《恆星中的元素合成》。他的論點認為相當熱的恆星最終可以創造出鐵元素。整個領域的研究在1970年代迅速的擴展開來。

核合成的研究和發展也進一步的推動了和完善了宇宙大爆炸論的發展。

1983年諾貝爾物理學獎授予了福勒，卻未授予霍伊。

1970年代，霍伊離開劍橋大學之後，同一些科學家合作，提出了地球上生命起源的新學說，他們認為地球上的生命很可能是由彗星從外太空帶來地球的，這個學說一提出又成為廣受爭議的話題。霍伊的研究領域非常廣泛，他還寫下多部學術專著、大眾科學讀物、科幻小說、電視連續劇，以及一部自傳。霍伊的許多研究成果不符合被認為是正統的學術觀點。儘管如此，他仍然被認為是20世紀具有影響力的科學家之一。

邦迪和戈爾德也於1955年左右離開了他們的穩恆態宇宙模式的研究，邦迪離開了劍橋到倫敦大學教書，從事相對論方面的研究，而戈爾德則是離開英國到了美國的康乃爾大學做天文學的教授。

關於羅梅村在1950年以後的工作，以及他的神學思想會在本書的第9章介紹。本章提到了教宗對大爆炸論的支持和接納，並且公開發表演說，這件事讓羅梅村很緊張，畢竟在那個時候，還並沒有證據來支持大爆炸論，因此羅梅村為此特別邀請了一位樞機主教同他去晉見了教宗，羅梅村要求教宗在科學和宗教的問題上保持謹慎。

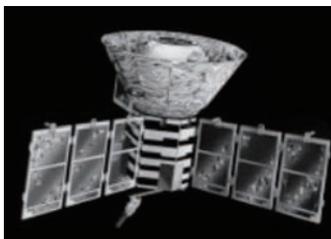
這裏要介紹另外一位科學家的工作。蘇布拉馬尼安·錢德拉塞卡（Subrahmanyan Chandrasekhar，1910年—1995年）是一位印度裔美國籍物理學家和天體物理學家，錢德拉塞卡在1983年因在星體結構和演化的研究而與威廉·福勒共同獲諾貝爾物理學獎，錢德拉塞卡從1937年開始在芝加哥大學任職，直到1995年去世為止。錢德拉塞卡最知名的成就是錢德拉塞卡極限，他描述白矮星的質量限制是1.44倍的太陽質量，如果超過這個界線，恆星在成為超新星之後將塌縮成中子星、黑洞。

恆星的大小和質量的不同，會造成恆星內部核反應過程的不同，最終恆星演化的過程和命運也不一樣。恆星大部分的生命期都在以核融合產生能量的狀態。像太陽這樣的恆星會從核心開始以一層一層的球殼將氫融合成氦。這個過程會使恆星的大小逐漸增加，直到達到紅巨星的狀態。質量不少於太陽一半的恆星也可以經由將核心的氫融合成氦來產生能量，質量更重的恆星可以依序以同心圓產生質量更重的元素。金子這種重金屬是由比太陽大數倍的恆星才能產生出來。像太陽這樣的恆星用盡了核心的燃料之後，其核心會塌縮成為緻密的白矮星，並且外層會被驅離成為行星狀星雲，白矮星的內部不再有物質進行核融合反應，因此不再有能量產生。質量大約是太陽的10倍或更重的恆星，在它塌縮成為密度非常高的中子星或黑洞時會爆炸成為超新星。

恆星所製造出來的化學元素，擴散在宇宙中成為宇宙構建的材料，這些星塵聚集成為行星，二十世紀的科學家認為我們人類都是由星塵所造成的，聖經早在幾千年前的創世記中就告訴我們，上帝用地上的塵土造人。

第八章

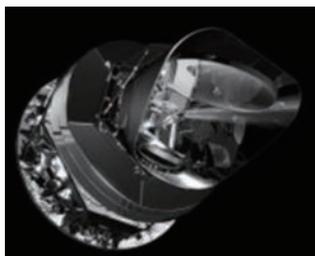
天火餘輝



COBE - 宇宙背景探測者衛星



WMAP - 威爾金森微波各向異性探測器



Planck - 普朗克衛星

宇宙大爆炸論的故事與探討

在寒冷的冬天，大家會在壁爐裏放木材燒火取暖，起初火很旺，也很熱，木材燒完了，火光也不見了，但是壁爐還是會有餘留下來的溫度，如此就知道在壁爐中燒過材火。在宇宙開始的時候，有巨大的光能和熱能釋放出來，到了今天，我們看不見大爆炸，但是在宇宙大爆炸之後應當有「天火餘輝」留下來。在前一章提到伽莫，阿爾菲，和赫爾曼在 1940 年代就預測到大爆炸之後殘餘下來的能量，大爆炸的殘餘能量應當散佈在宇宙中。能量所表現出來的形式，可以是光能，熱能，或是電磁波，而可見光及不可見光都是電磁波，在這裏稱為宇宙背景輻射。本章介紹宇宙背景輻射的發現，以及接下來的故事。

宇宙背景輻射的發現

羅伯特·威爾遜 (Robert Wilson, 1936-) 美國德州人，1962 年在加州理工學院得到博士學位，畢業後到新澤西州的貝爾實驗室工作。阿諾·彭齊亞斯 (Arno Penzias, 1933-) 出生於德國的慕尼黑，是二戰前最後一批逃離納粹德國的猶太難民，到美國後就讀於紐約市立學院畢業於物理系，並於 1962 年在哥倫比亞大學得到博士學位，畢業後也到了新澤西州的貝爾實驗室工作。

1964 年，威爾遜和彭齊亞斯在新澤西州霍姆代爾附近，克勞福德山的貝爾實驗室，一同設計和使用了一個，為衛星通訊設計極敏感的天線，在這個天線的接收台裏，他們收到了來自天空的均勻，且不隨時間變化的訊號，最初他們認為這也許是從紐約市來的訊號，後來排除了這個可能性，然後他們又詳細的檢查了天線，看到了鴿子的糞便，清除了鴿子的糞便，也把鴿子趕走了，但是這個來自天空四面八方而來的訊號仍然存在。

就在同一個時間裏，普林斯頓大學裏的一組天文物理學家也在研究宇宙背景輻射的問題，這組科學家包括羅伯·迪克（Robert Dicke），皮伯斯（P.J.E.Peebles）和大衛·威爾金森（David Wilkinson）。

當貝爾實驗室的這兩位科學家無法了解這個天空來的訊號現象，他們開始跟普林斯頓的科學家聯繫上，當接到一通來自克勞福德山的電話後，迪克風趣地說：「伙伴，我們被挖到了。」，普林斯頓和克勞福德山小組之間的會議決定天線溫度確實是來自微波背景。

於是他們在《天體物理學報》上以《在 4080 兆赫上額外天線溫度的測量》為標題發表論文正式宣布了這個發現。

迪克、皮伯斯、勞爾和威爾金森在同一雜誌上以《宇宙黑體輻射》為標題發表了一篇論文，對這個發現給出了正確的解釋，即：這個額外的輻射就是宇宙微波背景輻射。

宇宙背景輻射的發現引起了物理學界很大的關注，宇宙背景輻射的發現在近代天文學上具有非常重要的意義，它給了宇宙大爆炸論提供了一個有力的證據，並且與類星體、脈沖星、星際有機分子一道，並稱為 20 世紀 60 年代天文學“四大發現”。

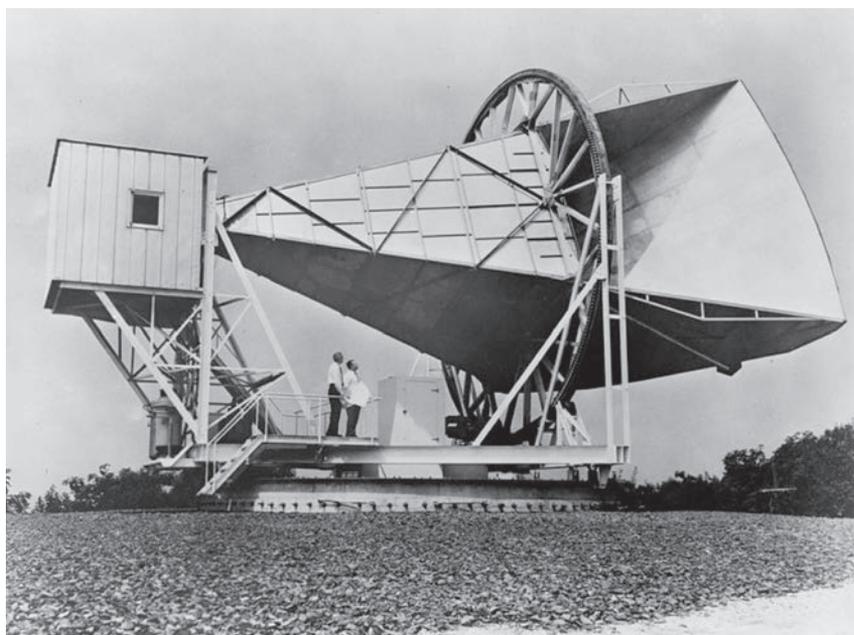
由於宇宙背景輻射的發現，大多數的科學家開始相信宇宙大爆炸論，恆態宇宙逐漸被科學家們放棄了，1966 年的五月，羅梅村因為血癌而住在醫院裏，他的好朋友帶給他宇宙背景輻射發現的論文，告訴他，他的理論已經有物理上的證據了，兩個星期之後，羅梅村就逝世了，享年 68 歲。

伽莫，阿爾菲，和赫爾曼因為在 1948，1949 年間就預先提出宇宙背景輻射的存在，所以對於 1966 年的兩篇宇宙背景輻射的論文，頗有微辭，後來普林斯頓的迪克教授給了伽莫和他的團隊應有的承認。伽莫喜歡喝伏特加酒，1968 年因肝病過世，享年 64 歲。

彭齊亞斯和威爾遜獲得了 1978 年諾貝爾物理獎，以表彰他們的發現。

在 1978 年的諾貝爾獎的大會上，彭齊亞斯發表了很感性的演講，他首先感謝他的父母親帶他逃避納粹黨的控制到紐約市來讀書，他說他的母親在紐約的血汗製衣廠裏日以繼夜的工作以培育他讀書，一個世代的猶太難民都是這樣來幫助他們的下一代，當他在普林斯頓大學讀書時，他認為穿一件漂亮的禮服是一件讓他傷心的事，因為很可能這是從一家血汗工廠出來的。接著講述了大爆炸論發展的歷史，並且表揚了阿爾菲，赫爾曼，和伽莫的貢獻。

對於阿爾菲來說，這個承認和表揚來得太晚，阿爾菲確實對太初核合成和宇宙背景輻射做出重大的貢獻，但是卻未能得到諾貝爾獎，也許承受了太大的壓力，有科學傳記上提到他在這年有一次的心臟病發作，從此後他的身體一直不大好。



威爾遜和彭齊亞斯發現宇宙背景微波幅射的天線

1993年，阿爾菲，和赫爾曼一同獲得了亨利·德雷伯獎章。阿爾菲於2005年又獲得美國國家科學獎，獎勵他在核子合成研究上發現宇宙背景輻射的存在，提供了大爆炸論的證據。獎章由喬治布希總統頒發，因為阿爾菲的身體不好由他的兒子來領獎。

弗雷德·霍伊爵士始終不肯接受宇宙大爆炸論，他於2001年過世。霍伊是一個獨立特行的人，他反對天主教也反對共產主義，他對進化論也有質疑，他對諾貝爾獎金委員會有質疑，他跟劍橋大學的管理層關係也很緊張，他所提出的穩恆態宇宙模式是非正統的，但是他對於恆星核合成研究的貢獻是很了不起的，他沒能得到諾貝爾獎，讓許多人覺得可惜。

宇宙微波背景 (CMB, 又稱 3K 背景輻射) 是宇宙學中“大爆炸”遺留下來的熱輻射。「宇宙微波背景」或「遺留輻射」, 是一種充滿整個宇宙的電磁輻射。特徵和絕對溫標 2.725K 的黑體輻射相同。頻率屬於微波範圍。宇宙微波背景是宇宙背景輻射之一, 為觀測宇宙學的基礎, 因其為宇宙中最古老的光, 用傳統的光學望遠鏡, 恆星和星系之間的空間 (背景) 是一片漆黑。然而, 利用靈敏的輻射望遠鏡可發現微弱的背景輝光, 且在各個方向上幾乎一模一樣, 與任何恆星, 星系或其他對象都毫無關係。

宇宙微波背景很好地解釋了宇宙早期發展所遺留下來的輻射, 它的發現被認為是一個檢測大霹靂宇宙模型的里程碑。因為任何建議的宇宙模型都必須解釋這種輻射, 宇宙微波背景是精確測量宇宙學的關鍵。

當你打開電視機, 並且連接上天線, 但是不要連接在有線電視的接收器上, 這時候, 當你轉到沒有訊號台的地方, 會在電視上看到白色像雪花似的噪音影像, 這就是宇宙背景微波所顯出的影像, 即使連接到有線電視台, 大約有 1% 的噪音影像還是會出現, 這也就是宇宙背景在微波的信號。

隨後發現宇宙背景輻射的, 是數以百計已進行測量和識別輻射特徵的宇宙微波背景輻射實驗。

宇宙背景輻射的衛星探測

在 1974 年, 美國太空總署要求它的科學家們設計巡天衛星來觀測宇宙背景輻射, 和其它的宇宙資料, 幾經波折, 在 15 年之後, 在 1989 年 11 月 18 日巡天衛星準備好了, 在加州的范登堡空軍基地準備發射, 巡天衛星的名字是「宇宙背景探測者衛星 (COBE)」。

約翰·馬瑟和喬治·斯穆特這兩位太空總署的科學家領導了這項工作。在發射衛星的那一天，他們特別的邀請了在 1948 年就預測了宇宙背景輻射的兩位科學家來觀禮，他們邀請了阿爾菲和赫爾曼來觀禮，以表揚他們的研究和發現。

1989 年，NASA 發射了宇宙背景探測者衛星（COBE），並在 1990 年取得初步測量結果，顯示大爆炸理論對微波背景輻射所做的預言和實驗觀測相符合，COBE 測得的微波背景輻射餘溫為 2.726K。

在 1992 年 4 月 23 日，美國物理學會在華盛頓舉行了特別發表會，斯穆特擔任 COBE 團隊的發言人，斯穆特報告，COBE 衛星發現了證據，在宇宙開始之後大約 30 萬年，微波背景輻射的漲落（各向異性），在十萬分之一的量級。本章下頁附了兩張圖片，一張是 COBE 衛星的圖片，一張是以 COBE 衛星為中心所測繪的宇宙背景輻射圖。

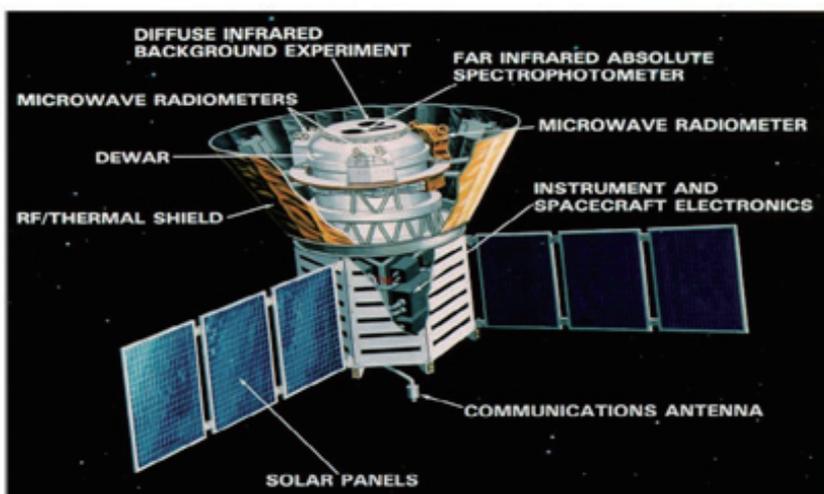
斯穆特告訴新聞記者說：我們發現了早期宇宙的最古老最大的結構，它們是宇宙原始的種子，形成了今日的宇宙結構，像是眾銀河系。他接著又說：“很好，如果你們有宗教信仰，這就好像見著了上帝的面容”。在記者會之後，美國新聞週刊用頭版新聞報告這個科學新聞，它的題目是：“上帝親手寫的筆跡”。

約翰·馬瑟和喬治·斯穆特因領導了這項工作而獲得諾貝爾物理學獎。諾貝爾獎委員會對他們的評語是：他們的研究和發現，使得宇宙科學成為精準科學研究的開始。基本上，他們的工作和發現，使得大爆炸論，成為主流科學。

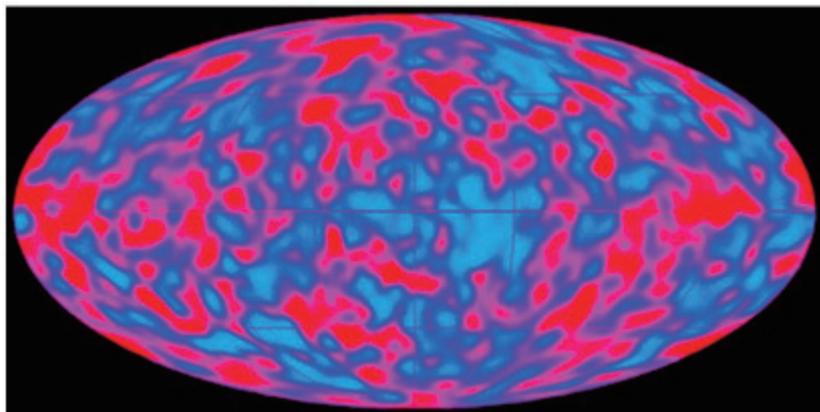
在接下來的十年間，微波背景輻射的各向異性被多個地面探測器以及氣球實驗進一步研究。

在 2001 年 6 月，美國太空總署推出了第二宇宙微波背景太空任務，為威爾金森微波各向異性探測器（WMAP），更精確的測量整個天空的大尺度各向異性。威爾金森微波各向異性探測器採用對稱的，快速的多頻掃描，快速轉換輻射計與極小化非天空訊號雜訊。此任務的首次結果於 2003 年披露，詳細的測量小於 1 度的角功率譜，緊緊地約束了各種宇宙學參數。其結果與宇宙膨脹及其他各種相互競爭的理論的預期大致相符，宇宙微波背景（CMB）的詳細資料可在美國航天暨太空總署的資料庫取得。

歐洲太空署在 2009 年發射了普朗克衛星，目的是探測宇宙背景輻射，測試早期宇宙的理論，和宇宙結構的起源，這是和美國太空總署的合作計劃，補全 WMAP 探測衛星的不足之處。



宇宙背景探測者衛星（COBE）



宇宙背景探測者衛星所測繪的宇宙背景輻射圖

諾貝爾獎和大爆炸論

1967 年的諾貝爾獎頒發給漢斯·貝特，得獎的論文是根據貝特於 1939 年，在一篇名為《恆星能量的產生》的論文中，漢斯·貝特分析了氫融合成氦的可能過程並且釋放出巨大的能量。貝特的研究工作讓我們了解恆星是一個巨大的核子反應爐。

1974 年的諾貝爾物理獎頒發給兩位英國籍無線電天文物理學家馬丁·賴爾和安東尼·休伊什，以表彰他們在無線電天文物理學的開創性研究：賴爾的發明和觀測，特別是合成孔徑技術；休伊什在發現脈沖星方面的關鍵性角色。

1978 年諾貝爾物理獎頒發給彭齊亞斯和威爾遜，以表彰他們關於宇宙大爆炸後的背景輻射的發現，根據他們在 1965 年，發表題目為《在 4080 兆赫上額外天線溫度的測量》的論文。他們的研究發現，讓宇宙大爆炸論有了直接的物理證據。

1983 年諾貝爾物理獎頒發給福勒，因其對核反應的理論和試驗研究以及對宇宙化學元素分布的解釋獲得了諾貝爾物理獎，獲獎的論文是 1957 年 B2FH 論文《恆星中的元素合成》。他們的研究工作讓我們了解從氫元素通過恆星的核反應可以合成現有的各種化學元素。

1983 年的諾貝爾物理獎也頒發給一位印度裔美國籍物理學家和天體物理學家蘇布拉馬尼安·錢德拉塞卡，以表彰他在恆星結構及其演化的重要物理過程的理論研究。

2006 年的諾貝爾物理獎，頒發給了約翰·馬瑟和喬治·斯穆特，因他們領導了「宇宙背景探測者」太空探測衛星的計劃，並且表彰他們在宇宙微波背景輻射的黑體形式和各向異性上的發現。宇宙背景探測者在 1989 年 11 月 18 日由戴爾他火箭發射進入太陽同步軌道。他們的研究工作更進一步的證實了宇宙大爆炸論。

2011 年的諾貝爾物理獎，頒發給了伯爾馬特，施密特，和里斯，他們在 1998 年主持了超新星宇宙學計畫（Supernova Cosmology Project），是應用來自 Ia 超新星的紅移資料研究宇宙膨脹速度，研究結果顯示宇宙在加速膨脹。

2013 年的諾貝爾物理獎，頒發給了恩格勒和希格斯，以獎勵他們對於“次原子粒子質量的生成機制理論，此發現促進了人類對這方面的理解，並且最近由 CERN 屬下大型強子對撞機的超環面儀器及粒子偵測器發現的基本粒子證實。”用新聞上的說法是，他們發現了上帝的粒子，解釋了沒有質量的基本粒子如何能轉換成有質量的基本粒子。

從這一系列的諾貝爾獎頒發給跟大爆炸論有關的研究成果來了解，在 21 世紀初，大爆炸論的宇宙模式已經被主流科學家所接受。

大爆炸論認為宇宙的空間及時間都有一個開始，通過宇宙開始的大爆炸產生了氫和氦的元素，之後星系形成後，通過恆星的核反應產生了所有其他的化學元素，宇宙背景輻射的發現證實了大爆炸的存在，太空衛星的觀測計算出來的宇宙年齡是 137 億年左右。有關於宇宙大爆炸論的問題，大致上都解決了，由於近年來發展出更強大的核子加速器，對於原子核有更多的了解，另外各種天文觀測的新發現，使得大爆炸論更完整，但是也有更多不能了解的問題，在下面幾章中會談到這些。

❖ ——— 第九章 ——— ❖

羅梅村晚年的歲月

“救主以色列的神啊，你實在是自隱的神。”

以賽亞書

宇宙大爆炸論的故事與探討

天主教教宗庇護十一世在 1936 年成立了天主教科學院，這個科學院由 70 名院士組成，他們每年開一次數個星期的會議，在這個會議上，院士們向教宗及教會報告最新的科學知識，在這個科學院初成立時，羅梅村就受到邀請擔任院士，到了 1960 年，教宗約翰二十三世指派了羅梅村擔任科學院院長的職位，羅梅村一直保持了這個榮譽到他過世。

因此羅梅村除了在魯汶大學的教書和研究，和他的日常的神職人員的工作，他也在教廷裏擔任了重要的學術諮詢工作。羅梅村年輕時喜歡游泳，年老之後喜歡散步，他一直維持了很好的身體健康，羅梅村很喜歡社交，攝影一直是他的一個愛好，無論到那裏去，他總是帶著他的照像機。

他一直忠於持守他的基督教信仰，和他的教會，他的好友在為他寫的傳記中提到，羅梅村不只是注重宗教儀式，他願意更深的實行基督的教導，就是真正的愛神和愛人，這個實行表現在他對他母親的孝敬上，他很孝敬他的母親，自從他的父親過世後，他一直照顧他的母親，1951 年，普林斯頓大學高等研究所邀請他去教書，為了照顧母親他拒絕了。直到 1958 年，他的母親過世了，他才到國外去參加會議。

羅梅村對待學生也十分友善，他是一個很好的教授。他對中國的文化很感興趣，他甚至去學了中文，他和另一位神父在魯汶大學的中國同學裏幫了不少忙，也照顧了一些中國留學生。

羅梅村在年輕的時候開始研究愛因斯坦的相對論，他深深的為愛因斯坦理論邏輯的美麗所吸引，以致於他大半生都獻身在宇宙物理學的研究上。

愛因斯坦曾經說過“宇宙中最讓人不能理解的事情，就是我們可以去理解這個宇宙。”羅梅村則感覺到我們的宇宙是簡單的（Simplicity），但是又是非常奇妙的（Strangeness）。

在 1950 年到 1965 年間，宇宙物理學的研究近乎於停頓，科學界對於大爆炸論缺少興趣，有些科學家甚至對於穩恆態的宇宙論感到興趣，對於這樣的情況，羅梅村自然是十分失望的。在這個時候羅梅村的研究興趣也轉向於電腦的應用，他原來就是學數學物理的，這時候，他轉去研究數值分析，他也為魯汶大學建立了電腦實驗室。

在霍伊的自傳裏，他提到在 1957 年 5 月到羅馬參加一項國際天文會議，開完會之後，他和家人在義大利旅遊，羅梅村跟他們一起開車，一同旅遊了一段，霍伊形容羅梅村是一個微胖很健壯的人，並且他是一個很幽默很喜樂的一個人。

羅梅村喜歡音樂，鋼琴彈奏得很好，每天下了課，回到宿舍，他總是彈奏蕭邦或是貝多芬的樂曲自娛，來放鬆自己的情緒，有時候也會跟另外一位教授彈鋼琴和小提琴二重奏。

1964 年 12 月，他到羅馬述職，在那裏經歷了輕微心臟病發作，回到魯汶大學，住院治療之後，身體健康一直沒有恢復過來，後來又檢查出來有白血病，這時候治療已經太晚了。到了 1966 年 6 月羅梅村又住進醫院，他的同事又是好友，歐登古德把彭齊亞斯和威爾遜的宇宙背景輻射發現的論文送到醫院裏，交給了他。宇宙背景輻射的發現，基本上已經證實了大爆炸理論，羅梅村一生努力所提出來的宇宙形成的理論有了收穫，兩個星期後他平安的過世了。

大爆炸理論從開始的時候，就受到科學家們的質疑，認為羅梅村因為他的基督教信仰的原因才提出這種理論，許多科學家也承認他們反對大爆炸論是因為這個理論似乎暗示了創造論的正確性。

羅梅村怎麼看待這個問題呢？他的基督教神學觀又是如何呢？羅梅村引用了聖經以賽亞書來解釋他的看法。

以賽亞書，第四十五章，第 15 節，“救主以色列的 神阿，你實在是自隱的 神。”（Truly you are a God who has been hiding himself, the God and Savior of Israel.）

在 1927 年，羅梅村參加索爾維國際物理學會做為一個聽眾，他利用這個機會去見愛因斯坦，介紹他的宇宙模型和論文，到了在 1958 年索爾維國際物理學會，大會的主題是天文物理，羅梅村受到邀請，成為主講人之一，大會上，羅梅村對於他的宇宙大爆炸論的假設提出了以下的解釋，他認為：

“至於我能看到的，這個理論完全是在玄學或者是宗教的範圍之外的。對於物質主義論者，他自由的選擇不相信上帝，他可認為在時間和空間開始的時候，和在非奇點的任何時空之下的心態是一樣的。對於相信上帝的人，他也移開對上帝的假設，好像以前假設上帝攪動以太來影響宇宙。他跟聖經先知以賽亞的話說「**隱藏的上帝**」是一致的，在開始創造時，上帝就是隱藏的。”

基本上，羅梅村認為上帝不能變成科學上的假設，在另外一個演說中，他說：

“基督徒的科學家知道，在所有的創造中沒有一樣能夠沒有上帝的，他也知道在上帝所有創造裏，上帝也不會出現的，無所不在的上帝的工作基本上是隱藏的，他永遠不會把上帝降格到一個科學假設的地位上。”

關於科學研究，羅梅村有下面的看法：

“人類最高的活動就是尋找真理，這個活動讓人類跟動物區別出來，而且我們要尋找出各種不同形式的真理……”



1958 年索爾維國際物理學會

（前排坐者的從左邊算起第三人是羅梅村，站著最後一排左邊第一人是霍伊，站著第二排從右邊算起第四位和第五位分別是邦迪，戈爾德）

關於教會和科學的關係，羅梅村有下面的看法：

“教會需要科學嗎？當然不需要，十字架的救恩和福音就足夠了，但是對於基督徒來說，沒有一個人類活動是見外的，教會如何能夠對於人類一個最高貴的活動不感興趣，這個高貴的活動就是尋找真理。”

關於聖經和科學研究，羅梅村引用了聖奧古斯丁的看法：

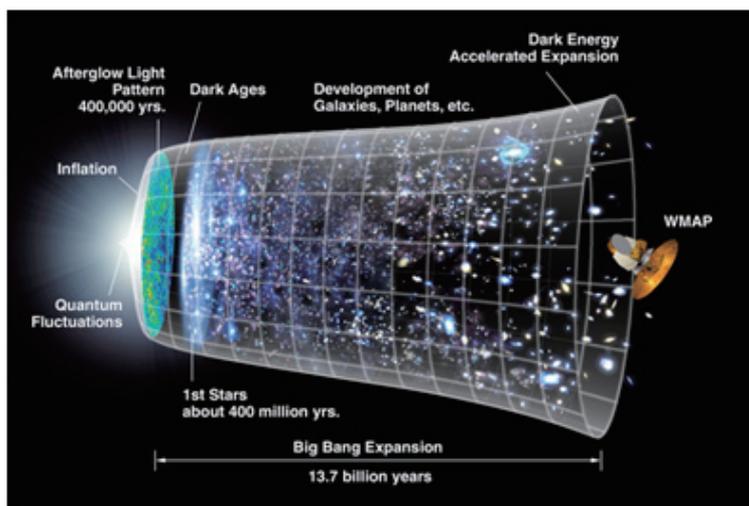
“當聖靈跟聖經的作者說話的時候，聖靈並不願意告訴人關於人所研究的事物的詳細組成，因為這些知識對於救恩並沒有益處。”

羅梅村的好友歐登古德在傳記中提到，羅梅村認為自己是一個非常幸運的人，他生長在一個很好的時代，可以有機會研究相對論，並且有了天文觀測的資料來幫助他的研究，以致於他能提出大爆炸論來解釋宇宙的形成，這個理論改變了我們對於宇宙的認識。但是我們也必須承認，羅梅村的基督教信仰和對於聖經的認識，必然影響了他的思維和研究方向。在羅梅村私人的手稿中，他提到了聖經創世記第一章第三節記載了上帝最先創造的就是光，這是很奇妙的事情。

除了 1936 年被選為天主教科學院院士和 1960 年擔任了天主教科學院的院長外，在 1941 年，羅梅村被選為比利時皇家科學院院士，1953 年，他獲得英國皇家天文學會的愛丁頓獎。在 2005 年的比利時民意調查中，羅梅村被認為有極高的聲譽，屬於比利時歷史偉人之一。

第十章

二十一世紀的大爆炸論



宇宙大爆炸論的示意圖

以上的圖片是美國太空總署（NASA）的大爆炸論示意圖，在大爆炸之後大約4億年左右，星球開始出現，從此以後，星球和星系不斷的發展出來，宇宙也不斷的擴張開來，科學家還發現宇宙的暗能量，造成宇宙加速的擴張，示意圖的最右邊是美國太空總署的太空衛星探測儀－威爾金森微波各向異性探測器（WMAP）。

宇宙大爆炸論開始於愛因斯坦相對論的預測和天文觀測中發現宇宙擴張的事實，自從 1966 年宇宙背景輻射的溫度被發現之後，宇宙大爆炸論逐漸的為科學界所接受，後來的宇宙探測衛星所探測到的資料，也進一步提供了大爆炸論的一些證據。

因為原子物理學的發展，還有各種粒子加速器的發展，後續的宇宙大爆炸論的研究，主要是宇宙初始時狀態。物質是什麼？物質的宇宙是怎樣形成的？這些深奧的問題牽涉到高能物理和量子力學，本章深入淺出的來解釋近代大爆炸論的研究和發展。

過去幾十年來，粒子加速器不斷的進步，對於構成物質的基本粒子也有更新的發現。在介紹現在所了解的宇宙大爆炸論，要先介紹一些物理學的觀念，歐洲核子研究組織，以及一些最近跟大爆炸論有關的的研究和發現。

宇宙力

宇宙是受四種力量的支配，「重力」或者說「萬有引力」應用在物體之間，這當然包括了星際之間的引力作用，「電磁力」把分子結合在一起，最後是控制原子世界的兩種核力量，「強核力」把質子和中子結合在一起成為原子核，「弱核力」，可以說是核能另一種來源，主要是核子產生之天然輻射。

基本粒子

基本粒子指人們認知的構成物質的最小最基本的單位。但是因為物理學的不斷發展，人類對物質構成的認知逐漸

深入，目前在粒子物理學中，標準模型理論認為的基本粒子可以分為「夸克」、「輕子」、「規範玻色子」和「希格斯粒子」四大類，傳統上（20世紀前、中期）的基本粒子指「質子」、「中子」、「電子」、「光子」和各種「介子」，這是當時人類所能探測的最小粒子。而現代物理學發現「質子」、「中子」、「介子」都是由更加基本的「夸克」和「膠子」構成。

普朗克時期

普朗克時期是物理宇宙學中以馬克斯·普朗克為名的時期，是在宇宙歷史中最早的時間階段，從0至大約 10^{-43} 秒，在那個時期重力的量子效應是很重要的。普朗克時間也許是最短的時間間隔單位。

從0秒到 10^{-43} 秒，普朗克時期，宇宙大爆炸開始發生，一個不可知的原因，造成一個密度無限大的點突然開始膨脹，在這個時候時間和空間捲在一起，沒有任何的物理定律可以應用，宇宙4種的力量是連合在一起的。

宇宙的年齡

通過觀測 Ia 型超新星來測量宇宙的膨脹，對宇宙微波背景輻射溫度漲落的測量，以及對星系之間相關函數的測量，科學家計算出宇宙的年齡大約為 137 億年。這三個獨立測算所得到的結果相符。

愛倫·古斯的宇宙早期暴脹模型

愛倫·古斯（Alan Guth，1947年—），是猶大裔美國理

論物理學家，麻省理工學院教授，宇宙學中暴脹模型的創立者。他在幼年時就表現出在數理方面的天份，1964年古斯進入麻省理工學院就讀，先後獲得物理學學士和碩士學位，25歲時獲得理論粒子物理學博士學位。因為當時尋找教職十分困難，古斯在普林斯頓大學、哥倫比亞大學、康乃爾大學和史坦福直線加速器中心擔任博士後研究多年。1979年春天，正在康乃爾大學工作的古斯受到羅伯特·狄克的影響，從此古斯將研究方向轉到宇宙學。

1979年，正在史坦福大學工作的古斯形成了有關暴脹的思想，認為宇宙在極早期（大約 10^{35} 秒到 10^{33} 秒）經歷了一個短期的加速膨脹階段，他發現通過宇宙暴脹的理論，視界問題和觀測不到磁單極的問題都能夠通過暴脹得以解決。暴脹思想一經提出就在宇宙學界引起巨大轟動，1981年古斯正式發表了他的第一個個暴脹模型。一時之間，各校都願意請他擔任教職，古斯決定接受麻省理工學院的聘請成為物理系的副教授。

2014年3月18日，有一篇中央通訊社的新聞報導，報導說，哈佛史密森尼天體物理中心宣佈一個消息，“藉著位在南極的第二代宇宙星系外偏振背景成像望遠鏡（BICEP2），研究人員經過三年觀測分析，從中找到重力波留下的獨特波紋，證實重力波的存在。”美國國家航空及太空總署說：“這些發現不僅協助證實宇宙巨幅膨脹的理論，更提供理論學家外力迫使時空分離的首批線索”。這項發現被譽為25年來宇宙探索最重大的發現，重要性足以得到諾貝爾獎，最年輕的研究團隊成員是來自台灣的物理學家。

電子伏特

電子伏特 (electron volt)，簡稱電子伏，符號為 eV，是能量的單位，代表一個電子經過 1 伏特的電位差加速後所獲得的動能。將粒子的能量從電子伏特轉換到凱氏溫度時，要乘以 11,605，即 $1\text{eV}=1.16\times 10^4\text{K}$ (K 是凱氏溫度)。這種記法常用於高能物理 (粒子物理學) 等領域，僅僅是為了方便而已。

$$1 \text{ 電子伏} = 1 \text{ eV} = 1.16 \times 10^4\text{K}$$

$$1 \text{ 百萬電子伏} = 1 \text{ MeV} = 10^6\text{eV} = 1.16 \times 10^{10}\text{K}$$

$$1 \text{ 十億電子伏} = 1 \text{ GeV} = 10^9\text{eV} = 1.16 \times 10^{13}\text{K}$$

$$1 \text{ 萬億電子伏} = 1 \text{ TeV} = 10^{12}\text{eV} = 1.16 \times 10^{16}\text{K}$$

歐洲核子研究組織

在這裏也介紹歐洲核子研究組織，通常被簡稱為 CERN，是世界上最大型的粒子物理學實驗室。它成立於 1954 年，它的主要功能，是為高能物理學研究的需要，提供粒子加速器和其它基礎設施，以進行許多國際合作的實驗。同時也設立了資料處理能力很強的大型電腦中心，協助實驗數據的分析，供其他地方的研究員使用，形成了一個龐大的網絡中樞。歐洲核子研究組織現在已經聘用大約三千名的全職員工，並有來自 80 個國籍的大約 6500 位科學家和工程師，代表 500 餘所大學機構，在 CERN 進行試驗。CERN 的研究項目有很多關於宇宙科學及大爆炸論。CERN 的大型強子對撞機 (Large Hadron Collider, 縮寫: LHC) 在 2015 年的實驗中，可以把能量提高到 14TeV。

楊 - 米爾斯規範場理論

楊振寧與李政道于 1956 年共同提出宇稱不守恆理論，因而分享 1957 年諾貝爾物理學獎。此外楊振寧在 1954 年與羅伯特·米爾斯發表了現今使用的楊 - 米爾斯規範場理論。最初這個構想並不成功，其原因在於楊 - 米爾斯理論的量子必須質量為零以維持規範不變性。如果其作用粒子質量為零，則其作用是長程作用力，然而實驗上沒有觀察到長程力的作用。在那個時代，物理學界對於基本粒子的物理性質並不清楚了解，因此，這個理論在當時並未受到重視。

接續下來的研究發現了規範場論在物理學上的重要性，在於其成功地為量子電動力學、弱相互作用和強相互作用提供了一個統一的數學形式化架構。這套理論精確地表述了自然界的三種基本力的實驗預測，並且成為後來粒子物理的標準模型的基礎。這是楊振寧在物理學上又一個重要的貢獻。

對稱性破缺與希格斯機制

對稱性破缺（symmetry breaking）係指物理學裏，在具有某種對稱性的物理系統之臨界點附近發生的微小振盪，打破了這物理系統的對稱性，並且決定了這物理系統的命運。例如當水溫降至接近冰點時，水中各處看起來皆相同，因此水系統具有空間上的對稱性，此時若某處的溫度振盪至低於冰點，便破壞了對稱性，且決定了所凝固之冰的結構。

1950 年，俄國物理學者維塔利·金茲堡與列夫·朗道提出金茲堡 - 朗道理論，他們建議，在超導體裏，瀰漫著一種

特別的場，能夠使得光子獲得有效質量，但他們並沒有明確地描述這特別場。

芝加哥大學教授，日裔物理學家，南部陽一郎於 1960 年將自發對稱性破缺的概念引入粒子物理學。南部陽一郎、傑弗里·戈德斯通等人運用對稱性破缺的機制，發現如何從零質量粒子的理論中去得到帶質量的粒子的可能性。南部陽一郎于 2008 年，因發現亞原子物理學中的自發對稱性破缺機制，與其他二位日裔科學家共同獲得諾貝爾物理學獎。

受到南部陽一郎及其他科學家在對稱性破缺機制在粒子物理學的影響，在 1964 年，恩格勒和希格斯，還有其他的幾位科學家，分別提出了希格斯機制，這個理論假定宇宙遍佈著希格斯場，能夠與某些基本粒子相互作用，利用對稱性破缺使得它們獲得質量。希格斯場可以比擬為一池的蜜糖，黏著於無足輕重的小蟲子，小蟲子的重量自然增加了。同樣的，某種尚未帶有質量的基本粒子，當這種粒子通過希格斯場的時候，取得能量，會變成帶質量粒子。

基本粒子理論的標準模型

1967 年之後，基本粒子理論的“標準模型”在許多物理學家的努力下逐漸發展起來。在粒子物理學裏，“標準模型”是一套描述強力、弱力及電磁力這三種基本力及組成所有物質的基本粒子的理論。它隸屬量子場論的範疇，並與量子力學及狹義相對論相容。到目前為止，幾乎所有對以上三種力的實驗的結果都合乎這套理論的預測。由於基本粒子和基本力形成了物理世界，所以，除了引力以外，標準模型可以合理解釋這世界中的大多數物理現象。

在粒子物理學中，電弱交互作用（Electroweak Interaction）是電磁作用與弱交互作用的統一描述，而這兩種作用都是自然界中四種已知基本力。雖然在日常的低能量情況下，電磁作用與弱作用存在很大的差異，然而在超過統一溫度，即數量級在 100 GeV 的情況下，這兩種作用力會統合成單一的電弱作用力。因此如果宇宙是足夠地熱（在大爆炸發生不久以後溫度才降至比上述低的水平），就只有一種電弱作用力，不會有分開的電磁作用與弱交互作用。

三位物理學家在電弱交互作用的研究上做出重要貢獻。史蒂文·溫伯格（Steven Weinberg，1933 年－），出生于紐約的一個猶太移民家庭，獲得普林斯頓大學物理學博士。謝爾登·格拉肖（Sheldon Glashow，1932 年－），也是出生于紐約的一個猶太移民家庭，在哈佛大學獲得物理學博士。溫伯格 1950 年和格拉肖一起畢業于紐約布朗克斯高中，隨後他們又一同進入了康奈爾大學，完成了大學教育。穆罕默德·阿布拉杜勒·薩拉姆（1926 年－1996 年），巴基斯坦理論物理學家。薩拉姆的父親是貧困農業區教育部門的官員。1950 年他從劍橋大學獲得了理論物理學哲學博士學位，他的論文在 1951 年發表。

由於「關於基本粒子間弱相互作用和電磁相互作用的統一理論的，包括對弱中性流的預言在內的貢獻」，薩拉姆與謝爾登·格拉肖、史蒂文·溫伯格共同獲得 1979 年的諾貝爾物理學獎。薩拉姆是首位穆斯林諾貝爾科學獎得主，也是首位巴基斯坦籍諾貝爾獎得主。

夸克模型是由蓋爾曼及茨威格於 1964 年所提出的。默里·蓋爾曼（Murray Gell-Mann，1929 年－），是美國物理學家，

是因對基本粒子的分類及其相互作用的發現而獲得 1969 年諾貝爾物理學獎。喬治·茨威格 (George Zweig, 1937 年－)，美國物理學家及神經生物學家，因與默里·蓋爾曼分別提出夸克模型而聞名。這兩位科學家也都是出生於美國的猶太移民家庭。

量子色動力學 (Quantum Chromodynamics) 是一個描述夸克膠子之間相互作用的標準動力學理論，它是粒子物理標準模型的一個基本組成部份。夸克是構成重子 (質子、中子等) 以及介子的基本單元，而膠子則傳遞夸克之間的相互作用，使它們相互結合，形成各種核子和介子，或者使它們相互分離，發生衰變等。多年來量子色動力學已經收集了大量的實驗證據。因為對量子色動力學的研究，2004 年的諾貝爾獎頒給了三位美國物理學家：休·波利策 (Hugh Politzer, 1949 年－)，大衛·格羅斯 (David Gross, 1941 年－)，和弗朗克·韋爾切克 (Frank Wilczek, 1951 年－)。

電弱交互作用理論與量子色動力學在標準模型中合併為一。這些理論都是規範場論。在接下來的物理研究當中，標準模型所預測的基本粒子都被找到了，有關的學者都得到了極高的榮譽或是諾貝爾物理獎。

兩位荷蘭物理學家馬丁紐斯·韋特曼 (Martinus Veltman, 1931 年－) 和杰拉德·特·胡夫特 (Gerard Hooft, 1946 年－)，專門探討了楊-米爾斯理論的重整化。

所謂的重整化 (Renormalization)，是理論物理學家的一種數學方法，用來移除數學公式中不需要的，沒有物理意義的，及無窮大的數學解。1971 年胡夫特發表了第一篇論

文，說明如何重整化楊 - 米爾斯場中質量為零的場。在這之後他們發展了一套稱為因次正規化的方法。隨後胡夫特的第二篇論文也發表，探討了楊 - 米爾斯理論在自發對稱破缺之後帶質量場的重整化。這篇文章漸漸受到廣泛注意，在 1999 年為兩人贏得諾貝爾物理學獎。

愛因斯坦後期的研究是建立統一場論，把宇宙四種力量用一個理論描述出來，這個工作沒有成功。但是通過規範場的理論，電磁力，強力，弱力被統一起來了，這是楊振寧在物理學上重大的貢獻，現在物理學家希望能夠把重力也統合起來。

在這裏也要介紹國際知名的數學家，陳省身的研究工作。楊振寧在 1983 年提到：在 1944 年，知名的數學家陳省身在普林斯頓大學發表了一篇論文，今天大家公認這篇論文把微分幾何學和拓撲學引入了新的境界，幾何學的纖維叢（Fiber Bundle）理論中的陳氏級（Chern Class）就是這篇論文推導出來的觀念。它不但是劃時代的貢獻，也是十分美妙的構思。

楊振寧說規範場的方程式很驚人的和幾何學的纖維叢觀念有密切的關係。1974 年，科學界又發現這些方程式和陳氏級的關係。至於為什麼自然界的各種力都要建築在幾何學中的纖維叢觀念上，始終是不解之謎。楊振寧十分推崇陳省身在數學上的成就。

在 2010 年以前，根據標準模型的預測，幾乎所有的基本粒子都找到了，只剩下希格斯粒子，標準模型預測希格斯粒子需要極高能量的對撞機，並且希格斯粒子出現的時間極短。以下要介紹希格斯粒子的發現。

2013 年希格斯玻色子的發現

恩格勒和希格斯，還有其他的幾位科學家，分別於 1964 年提出了希格斯機制，這個理論假定宇宙遍佈著希格斯場，能夠與某些基本粒子相互作用，利用對稱性破缺使得它們獲得質量，希格斯玻色子（Higgs boson）是希格斯場存在的明確證據。

希格斯玻色子又稱為“上帝粒子”，美國物理學家利昂·萊德曼稱呼希格斯玻色子是“上帝粒子”，假若沒有希格斯場，則原子無法存在，因為電子的質量會變得極微小，會以光速逃脫出原子的束縛，原子無法存在，這個物質世界無法形成。希格斯場的物理性質是當今粒子物理學的中心問題之一，對我們理解物質的結構極為關鍵。但是很多科學家並不喜歡這個稱呼，他們認為這樣稱呼太宗教化，並且當初有科學家這樣稱呼它，只是為引起社會的關注，多爭取研究經費罷了。

希格斯玻色子是否存在？這是一個極為重要的基礎物理問題，因為找到這個粒子，可以證明希格斯機制的存在。物理學者花費四十多年時間尋找它。美國雷根總統時代曾經要建造大型核子對撞器，但是因為跟蘇聯做軍備競賽，為了經費的原故而取消了這個研究項目，因此這項研究轉到歐洲去了。

至今為止，全世界最昂貴、最複雜的實驗設施之一，是歐洲核子研究組織（CERN）的大型強子對撞機（LHC），其建成的主要目的之一就是尋找與觀察希格斯玻色子與其它種粒子。LHC 位於瑞士日內瓦近郊，作為國際高能物理學研究之用。LHC 是在一個圓周為 27 公里的圓形隧道內，

該隧道因當地地形的起伏而位於地下約 50 至 175 公尺之間。隧道本身直徑三公尺，位於同一平面上，並貫穿瑞士與法國邊境，主要的部份大半位於法國。LHC 已經建造完成，2008 年 9 月 10 日開始試運轉，並且成功地維持了兩質子束在軌道中運行，成為世界上最大的粒子加速器設施。建造 LHC 的花費超過了一百億美金。LHC 的建造，就是為了基礎科學的研究。

在實驗之前，有科學家擔心實驗的能量太高了，也許會產生黑洞或是其他可怕的物理現象，至於物理學家霍金則打賭說上帝粒子是找不到的。

2012 年 7 月，歐洲核子研究組織宣布，LHC 探測兩種新的玻色子，在 125GeV 找到了新的玻色子。2013 年 3 月，歐洲核子研究組織發表新聞稿正式宣布，先前探測到的新粒子確認是希格斯玻色子，具有零自旋與偶宇稱，這是希格斯玻色子應該具有的兩種基本性質。希格斯和恩格勒在年輕的時候，於 1964 年，分別的提出了希格斯場的論文，在將近 60 年之後，他們的理論終於被實驗所證實，在發表會上，兩位都出席了，希格斯高興的流下了眼淚。

2013 年的諾貝爾獎頒發給了弗朗索瓦·恩格勒 (François Englert, 1932 年-) 和彼得·希格斯 (Peter Ware Higgs, 1929 年-)，獎勵他們發展了“次原子粒子質量的生成機制理論，促進了人類對這方面的理解，並且最近由歐洲核子研究組織屬下大型強子對撞機的超環面儀器及粒子偵測器發現的基本粒子證實”。

宇宙大爆炸論提出在大爆炸剛開始的極短的時間裏，宇宙只有光能和熱能，並沒有物質的存在，後來產生出帶有質量的基本粒子，這些基本粒子最終結合成為氫原子，成為構建

宇宙的基本材料。希格斯機制這個理論解釋了宇宙從無到有的過程，這是非常奇妙的，這兩位科學家所提出的理論是很驚人的，他所啟發的科學，神學，和哲學的意義都是很深遠的，因此稱呼這個粒子是上帝的粒子是有道理的。

彼得·希格斯 1932 年出生在英格蘭，他在倫敦國王學院獲得物理學位，後來在愛丁堡大學任教，在 1980 年成為愛丁堡大學教授。他在 1983 年成為英國皇家學會會員，並在 1984 年獲得拉塞福獎。1996 年退休成為愛丁堡大學榮譽教授。

弗朗索瓦·恩格勒 1932 年出生於比利時的一個猶太家庭，恩格勒是第二次世界大戰中猶太人大屠殺的倖存者。在第二次世界大戰時，由於德國占領了比利時，他被迫隱瞞他的猶太裔身分，躲藏在孤兒院與兒童之家，時常逃躲於各個比利時小鎮。後來美軍擊退德軍，他因此獲得自由。

1955 年，恩格勒從法語布魯塞爾自由大學畢業，獲得學士學位。畢業後，他選擇留在學校繼續攻讀博士。1959 年得到博士學位。同年他成為康乃爾大學的副研究員，1960 年，恩格勒升遷為助教授。1961 年，恩格勒返還比利時，任教布魯塞爾自由大學，1964 年，恩格勒擢升為正教授。1998 年，恩格勒成為榮譽退休教授。

大爆炸論對於宇宙產生的描述

羅梅村通過過廣義相對論將宇宙的膨脹進行時間反演，則可得出宇宙在過去有限的時間之前曾經處於一個密度和溫度都無限高的狀態，這一狀態被稱為奇點，在奇點的狀態下廣義相對論理論在這裏不適用。時間開始之前，沒有人知道那是一種什麼狀態。

時間從 0 秒到普朗克時間（ 10^{43} 秒）發生了些什麼事，也沒有人知道，今天猜測宇宙開始於比大頭針尖還要小的一個球體裏，溫度卻達到 10 的 32 次方那麼高，大約在膨脹進行到 10^{37} 秒時候，產生了一種相變使宇宙發生暴脹，在此期間宇宙的膨脹是呈指數增長的。

當暴脹結束後，宇宙走到大約在 10^{32} 秒的時候，宇宙的膨脹，使宇宙稍稍的減低了密度和熱度，此時最早的基本粒子出現了，它們是夸克，電子，中微子，和光子。粒子出現的同時，反粒子也同時出現，反粒子和粒子有相同的特性，但它們的電荷是相反的，粒子和反粒子互相碰撞，變為光子，光子又變為一對對的粒子，反粒子。如果粒子和反粒子一樣多，宇宙的發展就會就此打住，而物質和反物質一起毀滅，只剩下一個沒有基本粒子，沒有星球，而只有光的宇宙，但是這時候有奇蹟出現，真空中每出現十億個反粒子，就有十億加一個粒子出現，每十億個粒子和反粒子毀滅掉而成為十億個光子後，就會有一個物質的粒子存留下來。

隨著宇宙的膨脹速度和溫度進一步的降低，粒子所具有的能量普遍開始逐漸下降。當能量降低到 1 太電子伏特（ 10^{12} eV）時產生了對稱破缺，這一相變使基本粒子和基本相互作用形成了當今我們看到的樣子。

宇宙誕生的 10^{11} 秒之後，大爆炸模型中猜測的成分就進一步減少了，因為此時的粒子能量已經降低到了高能物理實驗所能企及的範圍。

當宇宙走到百萬分之一秒時（ 10^6 秒），宇宙已經膨脹到太陽系那麼大了，這個時候，夸克首先三個三個的結合，而產生了質子和中子，而將這些夸克結合在一起的是強核

作用力，核力量再度介入結合質子和中子形成氫和氦的原子核。這個過程叫做太初核合成。

在大爆炸發生的幾分鐘後，宇宙的溫度降低到大約十億開爾文的量級，密度降低到大約海平面附近空氣密度的水平。往後的 30 萬年裏，電磁力發生作用，將氫和氦的原子核和電子結合起來成為氫原子和氦原子，這是最簡單的物質，也是宇宙中最多的物質，這些原子不再吸收熱輻射，因此宇宙逐漸明朗，不再是不透明的雲霧。光子開始自由穿越整個空間，而非在電子與質子所組成的電漿中緊密的碰撞。光子開始傳播，但由於空間膨脹，導致波長隨著時間的推移而增加（根據普朗克定律，波長與能量成反比），光線越來越微弱，能量也較低。這個輻射的殘迹就形成了今天的宇宙微波背景輻射。

有了氫原子和氦原子後，宇宙即有了最基本的構建材料，可以合成為更複雜的化學元素，在重力的幫助下，空間冰冷的荒漠中溫熱的區域，這些巨大的氫氣和氦氣的區域就是早期的星系，星系中物質受重力約束，無法參與宇宙擴張的運動，這些氫氣和氦氣所形成的早期星系，受重力壓迫至崩潰後，分裂成上千億個氫和氦的小雲塊，這些小雲塊又在自身的重力作用下形成球狀。球的核心中的密度愈來愈大，氫原子和氦原子互相激烈的碰撞，溫度上升到數千萬度，此時開啟了核融合的反應，每 4 個質子連結成為氦核，然後以輻射的方式釋放出能量，氦核的質量要比 4 個自由質子的質量要小，因為一部份的質量已經轉換為能量以光和熱的方式釋放出來，這就是恆星發光和發熱的原因，由於釋放能量，氣團停止了收縮，在恆星爆炸的輻射推動，以及恆星重力壓縮之間，產生了平衡。

當恆星的核心經過熱核子反應耗盡了它的氫氣含量後，通過核子的融合，核心就會變成了氦核心，這時候輻射壓減弱，重力佔上風，接著恆星收縮，氦核心和環繞它的氫層的密度與溫度增高，氫層的溫度可以達到 1000 萬度，於是氫再度燃燒起來，這個燃燒釋放出巨大的能量，使恆星過度膨脹，同時恆星的顏色變紅，成為紅巨星。在這個過程中，氫氣遂漸消耗盡了，氦核心再度收縮，溫度上升到一億度，在這時每三個氦核融合成一個碳核，在經過了幾百萬年的時間裏，恆星這個宇宙的加工廠，或者說核子反應爐，製造出氮，氧，鎂，鋁，硫，鐵，等不同的化學元素。

恆星的大小也決定它所能造出來的化學元素，同樣的，恆星的大小也決定了它自己的命運，最小的恆星有太陽質量的十分之一，最大的恆星有一百多個太陽的質量。小於或等於太陽大小的恆星在完成核反應後，會逐漸收縮，冷卻，最後成為白矮星，黑矮星，在宇宙中運行，在這個過程中，恆星的外層會在太空中擴散，播撒在恆星核子爐中所製造出來的重元素。

一個質量超過五倍太陽的恆星，巨大的質量把完全喪失燃料的恆星，壓縮成非常小的狀態，繼而成為一個超強的重力場，使空間閉合，連光都無法透出，於是恆星形成了黑洞。

至於質量在太陽的 1.4 到 5 倍的恆星，在完全燃燒之後，會受到重力壓縮成為中子星，在它的核心崩潰結束後，發生了一場閃光的爆炸，恆星的外層以每秒幾千公里的速度炸射到太空之中，因而一個亮點出現在太空之中，這就是超新星。

1987 年 2 月 23 日，天文學家第一次用精密的現代化儀器，觀測了一顆超新星，這顆超新星是在距離銀河系 15 萬光年的大麥哲倫星雲裏。

在公元 1054 年，中國的天文官發現有一顆新星高懸在天空之中，這個新星異常明亮，一連 23 天的時間內都可以在白天看到，在夜晚可見的時間則持續了一年十個月。此時是中國宋朝，宋仁宗至和元年，因該星星突然出現在天關星（金牛座）附近，中國天文史官稱為「天關客星」，現代的天文學家認為它是一顆超新星，今天肉眼已無法見到這顆超新星，用望遠鏡可以看到微弱的星光，恆星爆炸後的殘骸像一隻螃蟹，被稱為蟹狀星雲。

這個觀察記載在幾本中國史籍中：《宋史·仁宗本紀》，《宋史·天文志》，《續資治通鑑長編》，《宋會要》。這裏從宋史中摘錄一段記載，《宋史·仁宗本紀》：“嘉祐元年三月辛未，司天監言：自至和元年五月，客星晨出東方，守天關，至是沒。”

藉著超新星的爆炸，恆星這個核子爐所製成的各種物質，才能散佈在宇宙之中，成為星系的建築材料。

從銀河系中心到邊緣三分之二的地區，有一塊星際星雲受重力影響收縮了，這塊星際氣雲的核心溫度上升到一千萬度，繼而引起核燃燒，於是一個新的恆星太陽誕生了。一些散佈在空間的塵粒開始繞著太陽運轉，形成一些美麗的環，在這些環的內部有些質量稍大的塵粒，便依靠自身更大的重力，開始併吞其它的塵粒，當這些塵粒的質量增大時，合併的速度也加快，最後，重力聚集了環內所有的物質，而形成了太陽系的九大行星，還有它們的衛星。

銀河系是一個由 1,000 至 4,000 多億顆恆星、數千個星團和星雲組成的系統，它的直徑約為 100,000 多光年，中心的厚度約為 15,000 多光年。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。過去它被認為與同處于本星系團的仙女座大星系一樣，都是旋渦星系，但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構。估計銀河系的年齡約為 136 億歲 (1.36×10^{10} 年)，幾乎與宇宙一樣老。當前估計的宇宙的年齡為 137.98 億年。

宇宙目前的密度非常小，其中有 68% 為暗能量，27% 為冷暗物質，剩下的 5% 才是普通物質。宇宙中的原子密度的量級約為每 4 立方米一個氫原子。人們對暗能量和冷暗物質的屬性還所知甚少。暗物質吸引普通物質，因此減慢宇宙的膨脹；相反的，暗能量加速宇宙的膨脹。

在宇宙學中，暗物質，是指無法通過電磁波的觀測進行研究，也就是不與電磁力產生作用的物質，人們目前只能通過重力產生的效應得知，而且已經發現宇宙中有大量暗物質的存在。

二十世紀七十至八十年代進行的多種觀測顯示，宇宙中可見的物質含量不足以解釋所種觀到的星系內部以及星系之間彼此產生的引力強度。這就導致了科學家猜測宇宙中有大量的物質都屬於不會輻射電磁波也不會與普通重子物質相互作用的暗物質。如要證實暗物質的存在，需要借助它與其他物質的引力相互作用，但至今還沒有在實驗室中發現構成暗物質的粒子。在 2014 年 9 月 20 日，世界日報的一個報導中提到華裔物理學家丁肇中所領導的一個跨國研究團隊，正在進行阿爾發磁譜儀科學實驗計劃，尋找暗物質。

在物理宇宙學中，暗能量是一種充溢空間的、增加宇宙膨脹速度的難以察覺的能量形式。1998 年，高紅移超新星搜索隊觀測組發表了 Ia 型超新星的觀測數據，顯示宇宙在加速膨

脹。該項工作于 2011 年獲得諾貝爾獎。暗能量假說是當今對宇宙加速膨脹的觀測結果的解釋中最为流行的一種。

暗能量現有兩種模型：宇宙學常數（即一種均勻充滿空間的常能量密度）和純量場（即一個能量密度隨時空變化的動力學場）。羅梅村在 1930 和 1940 年代，都和愛因斯坦談過保留宇宙常數在相對論的場方程式中，因為他覺得宇宙常數代表一種宇宙真空能量，這是羅梅村在宇宙學上的另一個貢獻。

總結來說，今天所知道的大爆炸論是結合理論物理和實驗物理所建立起來的一套宇宙形成的理論，大多數的科學家都相信它，現今許多宇宙物理的科研項目還是往這個方向進行，大爆炸論會不會再修正呢？當然是會的。

本節所記的大爆炸論對於宇宙產生的描述，是跟據一些參考書籍，列在參考資料中。有興趣的讀者，可以參閱相關的物理書及論文。在本章的首頁附有美國太空總署一張大爆炸論示意圖，可以參考。

宇宙的由來與發展總是吸引科學家的研究興趣。

下面列出一些當今科學家對於宇宙物理學有興趣的一些研究項目。

(1) 今天的科學儀器和數學模擬分析，可以達到 10^{-15} 秒，在這個時間之前，所發生的情形希望能夠利用更強大的粒子加速器的實驗去了解，讓我們知道宇宙到底是如何形成的。

(2) 到底什麼是暗物質？

(3) 到底什麼是暗能量？

(4) 能否在實驗室中找出暗物質和暗能量？

(5) 是什麼原因造成宇宙起始的大爆炸？

(6) 宇宙最終的命運是什麼？

現代的物理學家還研究一些題目跟宇宙有關，但是並沒有任何實驗或證據來支持，這些題目像超弦理論，多重宇宙理論，在此提過。



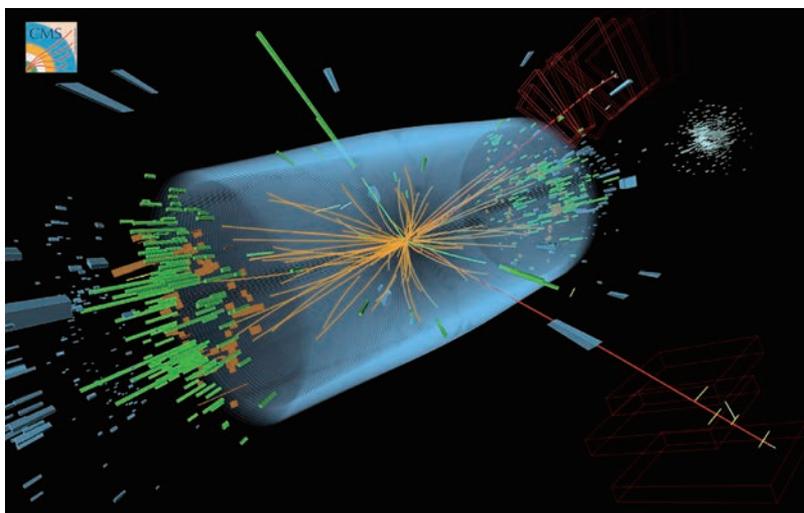
歐洲核子研究組織（CERN）的大型強子對撞機（LHC）



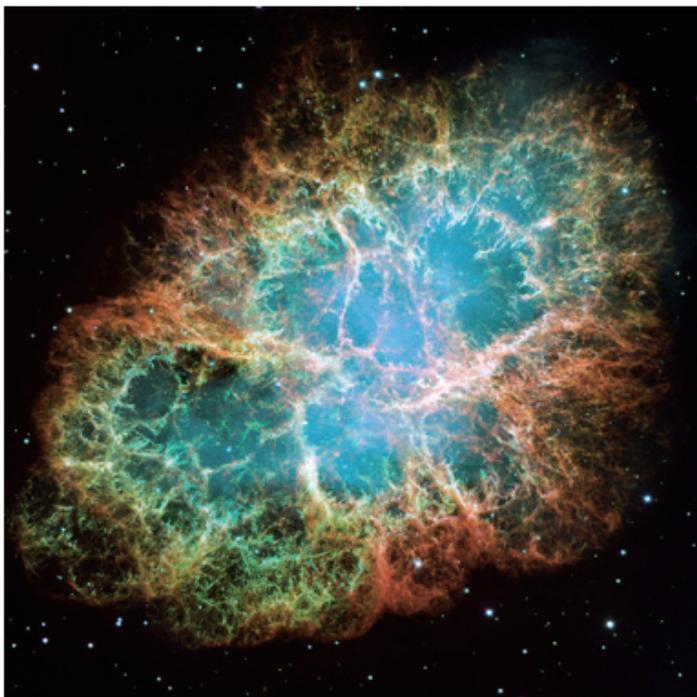
彼得·希格斯在 CERN 的實驗室



弗朗索瓦·恩格勒在 CERN 的實驗室



在 2012 年尋找希格斯粒子的實驗中的一個記錄



蟹狀星雲是一顆恆星爆炸成為超新星之後粉碎的殘骸，它的光輝在西元 1054 年抵達地球。中國天文史官稱為「天關客星」。恆星所製造出來的各種化學元素，在恆星爆炸後擴散到宇宙之中，成為宇宙的構建材料。

第十一章

宇宙有多大



哈伯太空望遠鏡所拍照的星系—NGC2841
距離地球 46 百萬光年



卡利那星雲中心有一顆恆星，質量是太陽的一百倍

太陽系

太陽系是以太陽為中心，和所有受到太陽的重力約束天體的集合體：8 顆行星，依照至太陽的距離，太陽系內的行星依序是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星和海王星。8 顆行星中的 6 顆有天然的衛星環繞，除了 8 大行星外，太陽系至少有 165 顆已知的衛星、5 顆已經辨認出來的矮行星和數以億計的太陽系小天體。光的速度是每秒鐘 30 萬公里，或是每秒鐘 18 萬英里，太陽光照射到地球要 8 分鐘，離太陽系最遠的行星冥王星，距離地球是 5.2 光時。太陽在恆星演化的階段正處於“壯年期”，尚未用盡在核心進行核融合的氫。太陽的亮度仍會與日俱增，早期的亮度只是現在的 75%。計算太陽內部氫與氦的比例，認為太陽已經完成生命週期的一半，在大約 50 億年後，太陽將變得更大與更加明亮，但表面溫度卻降低的紅巨星，屆時它的亮度將是目前的數千倍。



太陽系示意圖

銀河系

哈伯發現了宇宙中無數的星雲其實都是獨立的星系，像我們所處的銀河系一樣，我們所在的銀河系，是一個由 1,000 至 4,000 多億顆恆星，數千個星團和星雲組成的棒渦星系系統，它的直徑約為 100,000 多光年，中心的厚度約為 15,000 光年，邊緣厚約 3000-6000 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。

銀河系是一個中間厚，邊緣薄的扁平盤狀體。他的主要部分稱為銀盤，呈漩渦狀。我們的太陽與太陽系，正位在科學家所謂的銀河的生命帶。

太陽環繞銀河的軌道大致是橢圓形的，但會受到旋臂與質量分布不均勻的擾動而有些變動，太陽系大約每 2.25—2.5 億年在軌道上繞行一圈，可稱為一個銀河年，因此以太陽的年齡估算，太陽已經繞行銀河 20—25 次了。

可觀測的宇宙

宇宙的形狀是宇宙學中一個還未解決的問題，但是目前大部份的科學家相信宇宙是平坦的，但是有大質量天體所造成的局部時空褶趨，就像湖面是基本平坦但局部有水波一樣。

宇宙有多大呢？這也是一個未能解決的問題，有的天文學家認為宇宙是無限大的，也有科學家認為宇宙是有限的，光速是每秒鐘 30 萬公里，所以光速是有限的，物體如果離

地球太遠，所發出的光沒有足夠的時間到達地球，我們就看不見它，但是不代表它不存在。

現在所估算出宇宙的年齡是 137 億年，因此宇宙的半徑大小，至少有 137 億光年。但是因為宇宙是在膨脹當中，因此宇宙的半徑應當大於 137 億光年。

可觀測宇宙是一個以觀測者作為中心的球體空間，也就是說物體發出的光有足夠時間到達觀測者。科學家利用可觀測到的宇宙背景幅射來推算可觀測宇宙半徑。現在計算出來的可觀測宇宙半徑約為 460 億光年，在這裏面有上千億個類似我們銀河系的星系。



仙女座銀河系 距離地球 250 萬光年



銀河系一 UGC1810 像一朵玫瑰
距離地球 300 百萬光年



擁有數十萬顆恆星的球狀星團照片

❖ ————— 第十二章 ————— ❖

聖經和今日的大爆炸論

“起初 神創造天地。”

創世記

“因為我們的 神乃是烈火。”

希伯來書

“神坐在地球大圈之上，地上的居民好像蝗蟲，他鋪張穹蒼如幔子，展開諸天如可住的帳棚。”

以賽亞書

在本書第四章中簡單的介紹了宇宙科學的發展。亞里斯多德和柏拉圖開始了西方世界的宇宙觀，在那個時候，因著有限的知識和觀察，地球為宇宙中心的理論，是可以理解的。到了 13 世紀時，基督教神學家阿奎那接受了這個理論而成為西方世界主流的宇宙觀，不過在詳細查考聖經的經文，並沒有一處經文告訴人類，地球是宇宙的中心。到了 16 世紀和 17 世紀初的基督徒哥白尼和伽利略發現地球繞著太陽運轉，因此太陽才是宇宙的中心，為此伽利略還受到天主教的軟禁。不過聖經也從來沒有說太陽是宇宙的中心。

到了 20 世紀初，哈佛大學的夏普利發現太陽系在銀河系的邊緣往中心算起三分之一的地方，夏普利認為銀河系就是全部的宇宙。1927 年，哈伯發現了宇宙有無數的星系，為此夏普利批評了哈伯，認為他的天文資料有問題，不過最終證明有諸多的星系存在於宇宙之中。至於聖經上有沒有提到諸多的星系呢？下面會討論到這個問題。

在中古世紀，歐洲基督教神學家，認為地球是宇宙的中心，理由是接納了希臘人的天文觀，還有根據人類有限的生活經驗和觀測，在神學方面也有依據，在聖經傳道書裏記載了下面的經文：

傳道書，第一章，第 5 節，“日頭出來，日頭落下，急歸所出之地。”

另外聖經詩篇裏了也有如下的記載：詩篇第十九篇，第 5,6 節，“太陽如同新郎出洞房，又如勇士歡然奔路。它從天這邊出來，繞到天那邊，沒有一物被隱藏不得它的熱氣。”

此外別處聖經也有類似記載，根據這些經文，中古時代的神學家認為地球是不動的，其它的星球在轉動，太陽必然也是繞著地球轉動，伽利略的日心說被看為是異端，但是伽利略認為這些經文是文學上的描述，而非科學上的證明。今天來回顧這段歷史故事，伽利略的看法是正確的，雖然他的日心說並不正確。近代的天主教對伽利略的事件，做了反省，在 1992 年，天主教教宗對於伽利略的事件，做出了道歉，但是教宗也說了，17 世紀的神學家是根據當時所有的知識來解釋聖經。聖經的解釋可能有錯，但是聖經的啟示並不會錯。

當羅梅村提出太初原子論的宇宙學說也遭到許多質疑，甚至被稱為大爆炸論，這個意思是帶有一點譏笑的意味，但是今天大爆炸論在科學界被廣為接受。本書寫作的目的是為著介紹近一個世紀在天文物理發展過程中的故事，因為這個故事的發展和聖經的論述有一定的關連，所以在這一章裏做一點基督教神學上的探討。由於有關大爆炸論的英文書籍甚多，電腦網路上的資訊也很容易取得，至於聖經又是普及的書，所以這一切都是公開的資訊，這裏所引用的聖經是為讀者的參考，所做的探討希望能引起讀者的興趣和進一步的探索。

聖經對宇宙和科學是有些什麼教導和啟示呢？提摩太後書，第三章，第 16 節及第 17 節是這麼說的：

“聖經都是 神所默示的、於教訓、督責、使人歸正、教導人學義、都是有益的，叫屬 神的人得以完全、豫備行各樣的善事。”

根據這段經文，聖經主要是規範信徒的行為，不是研究或是教導科學的書，不過聖經既然是神所默示的，其中所記載的，必然是有道理的，在所有的宗教中，基督教的聖經對於宇宙的來源以及未來有比較清楚的論述。在以下的陳述裏，讓我們看看大爆炸論的重點是什麼，聖經裏又記載了些什麼。

大爆炸論的重點

大爆炸論是結合了理論物理（相對論，核子物理）及實驗物理（粒子加速器，大型天文望遠鏡，巡天衛星）所建立起來的理論，不過根據現在的大爆炸論和天文物理的發現，我們可以提出以下一些重點。

- (1) 宇宙是有一個開始的。
- (2) 宇宙開始於一個奇點，密度極大，溫度極高，體積極小。
- (3) 在宇宙最初期時，熱能和光能充滿在宇宙中。
- (4) 宇宙是由無數類似銀河系的星系所組成。
- (5) 宇宙並不是從現有的物質構成的，宇宙乃是從巨大的能量轉換過來的。
- (6) 宇宙內可以看見的化學元素的形成，是通過核子合成的過程所製造出來的。
- (7) 宇宙是在一個動態且持續擴張的狀態。
- (8) 大爆炸之後的宇宙，形成了星雲，從無數沒有規律的星雲又形成了無數有規範的星系。

聖經裏相關的經節

《關於創造和諸天》

創世記，第一章，第 1 節，“起初 神創造天地。”
(In the beginning God created the heavens and the earth.)

在這節聖經裏，提到宇宙是有開始的，時間也是有開始的，並且是由上帝創造出來的，創造和製造不一樣，創造是從無到有的過程，聖經是由希伯來文書寫成的，中文翻譯是“起初 神創造天地”，英文翻譯是“起初 神創造諸天和地球”（Heavens and Earth），為何說上帝創造了諸天呢？我們在地球所在的銀河系是一個天，到了仙女座銀河系看到的是另一個天，現在我們知道在宇宙中有上千億個星系，我相信在這裏聖經啟示了在神起初創造時，他創造了諸多的類似於我們所在的銀河系的星系，和地球。聖經裏的多處經文都提到了諸天的這個辭語。諸天是否已經是上帝啟示了我們現在所觀測到的諸島宇宙或者說諸多的星系？

《關於光能和熱能》

創世記，第一章，第 3 節，“神說、要有光、就有了光。”

(And God said,“Let there be light,” and there was light.)

希伯來書，第十二章，第 29 節，“因為我們的 神乃是烈火。”（for our “God is a consuming fire.”）

根據宇宙大爆炸論，宇宙誕生的 10^{-5} 秒的時候，宇宙的溫度是一千（1,000）億度，真是難以想像的熊熊烈火，之後在宇宙早期的 30 萬年裏，宇宙充滿了熱能和光能，而聖經創世記告訴我們，神最先造的就是光。聖經說神是烈火，聖經很明顯的告訴我們神的屬性裏是有大能量的。

2013年希格斯玻色子的發現，讓我們了解宇宙從起初沒有質量的光能和熱能中，產生了有質量的基本粒子，從這些基本粒子，組成質子，中子，進一步組成氫原子，再通過恆星核合成的過程，形成各種元素，並且形成這個可見的宇宙，這是一個從無到有的過程。

《關於宇宙的擴張》

以賽亞書，第四十章，第22節，“神坐在地球大圈之上，地上的居民好像蝗蟲，他鋪張穹蒼如幔子，展開諸天如可住的帳棚。”（He sits enthroned above the circle of the earth, and its people are like grasshoppers. He stretches out the heavens like a canopy, and spreads them out like a tent to live in.）

以賽亞書，第四十二章，第5節，“創造諸天，鋪張穹蒼，將地和地所出的一併鋪開，賜氣息給地上的眾人，又賜靈性給行在其上之人的 神耶和華，他如此說，”（ This is what God the LORD says— the Creator of the heavens, who stretches them out, who spreads out the earth with all that springs from it, who gives breath to its people, and life to those who walk on it:）

以賽亞書，第四十四章，第24節，“從你出胎，造就你的救贖主耶和華如此說，我耶和華是創造萬物的，是獨自鋪張諸天，鋪開大地的。（誰與我同在呢）”（ This is what the LORD says— your Redeemer, who formed you in the womb: I am the LORD, the Maker of all things, who stretches out the heavens, who spreads out the earth by myself,）

以賽亞書，第四十五章，第 12 節，“我造地，又造人在地上。我親手鋪張諸天；天上萬象也是我所命定的。”（It is I who made the earth and created mankind on it. My own hands stretched out the heavens; I marshaled their starry hosts.）

這 4 節聖經明顯的指出宇宙不是靜態的，上帝親自把宇宙中的諸多星系擴張開來，這裏一再的提出諸天的觀念，人類花費了數千年的時間，才發現了宇宙是由無數的星系構成，並且宇宙的諸星系是不斷的擴張的。聖經以賽亞書成書於公元前 700 年前後，距今 2700 年，可見聖經早已把這樣的觀念啟示給人類了。

《關於物質元素的來源》

希伯來書，第十一章，第 3 節，“我們因著信，就知道諸世界是藉，神話造成的，這樣，所看見的，並不是從顯然之物造出來的。”（By faith we understand that the universe was formed at God's command, so that what is seen was not made out of what was visible.）

路加福音，第一章，第 37 節，“因為出於 神的話、沒有一句不帶能力的。”（For with God nothing shall be impossible.）

這二節聖經很清楚的告訴我們這個世界不是用現成的物質材料建造起來的，是藉著神的話所造成的，而神的話是帶著能力的，如此看來，這和科學界所發現的太初核合成和恆星核合成的觀念並無衝突，我們現在所看到的一切物質，都是從能量轉換過來的，而不是原來就存在的。

2013 年的諾貝爾物理獎是頒給了兩位科學家獎勵他們發現了次原子粒子質量的生成機制理論，解釋了沒有質量的基本粒子如何能轉換成有質量的基本粒子。今天的科學發現證實了宇宙並不是從顯然之物造出來的，這物質世界的產生是一個從無到有的過程。

《關於星系的形成》

以賽亞書，第四十章，第 26 節，“你們向上舉目，看誰創造這萬象，按數目領出，他一一稱其名，因他的權能，又因他的大能大力，連一個都不缺。”（Lift up your eyes and look to the heavens: Who created all these? He who brings out the starry host one by one and calls forth each of them by name. Because of his great power and mighty strength, not one of them is missing.）

約伯記，第三十八章，第 31-32 節，“你能繫住昴星的結麼、能解開參星的帶麼。你能按時領出十二宮麼、能引導北斗和隨他的眾星麼。”（Can you bind the chains of the Pleiades? Can you loosen Orion's belt? Can you bring forth the constellations in their seasons?）

大爆炸論告訴我們通過大爆炸，氫和氦產生了，接著氫和氦形成了星雲和恆星，恆星內部的核反應產生了各種化學元素物質，恆星爆炸後這些星塵散布在宇宙中，又通過不可知的巧妙過程形成了許多星球，像火星，月球，和地球，地球是特別巧合有生物的存在，又適合於生物的生存。這裏引用以賽亞書和約伯記的經文，解釋了宇宙星系的形成和運作是倚靠上帝無形的手的管理和支配。

《關於地球的形成》

箴言，第八章，第 22-31 節，“在耶和華造化的起頭，在太初創造萬物之先，就有了我。從亙古，從太初，未有世界以前，我已被立。沒有深淵，沒有大水的泉源，我已生出。大山未曾奠定，小山未有之先，我已生出。耶和華還沒有創造大地和田野，並世上的土質，我已生出。他立高天，我在那裏；他在淵面的周圍，劃出圓圈。上使穹蒼堅硬，下使淵源穩固，為滄海定出界限，使水不越過他的命令，立定大地的根基。那時，我在他那裏為工師，日日為他所喜愛，常常在他面前踴躍，踴躍在他為人預備可住之地，也喜悅住在世人之間。”（The LORD brought me forth as the first of his works, before his deeds of old; I was appointed from eternity, from the beginning, before the world began. When there were no oceans, I was given birth, when there were no springs abounding with water; before the mountains were settled in place, before the hills, I was given birth, before he made the earth or its fields or any of the dust of the world. I was there when he set the heavens in place, when he marked out the horizon on the face of the deep, when he established the clouds above and fixed securely the fountains of the deep, when he gave the sea its boundary so the waters would not overstep his command, and when he marked out the foundations of the earth. Then I was the craftsman at his side. I was filled with delight day after day, rejoicing always in his presence, rejoicing in his whole world and delighting in mankind.）

箴言書則啟示了上帝在地球上的工作，為人類預備可住之地。今天的科學告訴我們，宇宙十分浩大，各種化學元素飄浮於宇宙之中，成為星塵，但是這些元素巧妙的聚合到地球，形成了可以供應人類生活的地方，聖經告訴我們這是上帝的奇妙的工作。

在我們的日常生活中，金子和水的存在是一個十分平常和自然的事情，但是金子和水的出現在地球上卻是十分奇妙和神奇的事。

本書前面提到化學元素的形成是由恆星熱核子融合所產生出來的，像金子這種重金屬是由大質量的恆星在形成超新星時所產生出來的，因此金子在宇宙中是稀有元素。在地球形成時，金子應當是在地層的深處，在地表的金礦並不是在地球形成時就存在的，今天在地球表層的金礦是由含金量很高的慧星或隕石由外太空撞擊地表所形成的。同樣的情形，水在地球形成時是不存在的，因為地球形成時是十分熾熱的，水分無法存在，在地表逐漸冷卻後，也是由慧星或隕石由外太空運送到地球來的，這些都是今天科學家的理論和認知。

水是生物和生命生成的重要元素，在太陽系中現在只有在地球上擁有豐富的水資源，科學家一直在尋找水在外星存在的可能性。金子在人類經濟和社會活動中扮演了重要的角色。

從科學的角度看，金子和水都是由慧星或隕石從外太空特別安排運送到地球上的，但是箴言書這段聖經告訴我們地球上的一切都是上帝有意的安排和設計，以為人類預備安排合適的住所。

《關於宇宙的年齡》

希伯來書，第一章，第 10-12 節，“又說、『主阿、你起初立了地的根基、天也是你手所造的，天地都要滅沒、你卻要長存。天地都要像衣服漸漸舊了，你要

將天地捲起來、像一件外衣、天地就都改變了。惟有你不改變、你的年數沒有窮盡。』”

以上的經文提出宇宙是有年齡的，”天地都要像衣服漸漸舊了”宇宙漸漸舊了，並要改變。在宇宙大爆炸理論裏，宇宙是有年齡的，太陽也有年齡的，並且這一切都是趨向一個轉換的過程。

《關於時間的相對性》

詩篇第九十篇，第4節，“在你看來，千年如已過的昨日，又如夜間的一更。”（A thousand years in your sight are like a day that has just gone by, or like a watch in the night.）

彼得後書第三章，第8節，“親愛的弟兄啊，有一件事你們不可忘記，就是主看一日如千年，千年如一日。”（But do not forget this one thing, dear friends: With the Lord a day is like a thousand years, and a thousand years are like a day.）

在相對論發表以前，大家都相信時間是絕對的，現在大家了解了時間的相對性，以上兩節聖經很清楚的提出了時間相對性的觀念。

有關大爆炸論的問題

在大爆炸論被接納之前，科學界相信宇宙是自有永有的，沒有創造，也不會改變，是恆穩的。但是隨著很多科學上的發現，比如說宇宙的擴張，宇宙背景幅射，星系的觀測，粒子加速器的研究結果，科學界已經放棄了宇宙是自有永

有，恆穩，不會改變的看法。但是在基督徒及非基督徒當中，還是有一些關於大爆炸論的問題，以下有一些討論。

在基督教基要派裏，有一種看法，認為宇宙是上帝在瞬間創造出來了，因此不需要大爆炸論，這樣的假設簡化了很多問題。另外也有基督徒認為在創世記第一章裏記載了上帝用 6 天創造了世界，大爆炸論說宇宙的年齡有 137 億年，這是不能接受的。

聖經裏頭，並沒有找到上帝瞬間創造出宇宙和世界的教導，在詩篇裏有一句話說，上帝一吩咐便都造成，經文如下：

詩篇，第一百四十八篇，第 3-5 節，“日頭月亮，你們要讚美他！放光的星宿，你們都要讚美他！天上的天和天上的水，你們都要讚美他！願這些都讚美耶和華的名！因他一吩咐便都造成。”

然而聖經創世記中記載的是上帝 6 天的創造和 1 天的安息。

創世記，第一章，第 14-19 節，有一些重要的啟示有關於上帝創造的次序和時間的定義，經文記載如下：

上帝說：「天上要有光體，可以分晝夜，作記號，定節令、日子、年歲，並要發光在天空，普照在地上。」事就這樣成了。於是上帝造了兩個大光，大的管晝，小的管夜，又造眾星，就把這些光擺列在天空，普照在地上，管理晝夜，分別明暗。上帝看著是好的。有晚上，有早晨，是第四日。

這段聖經啟示我們，神對於星星和星系的創造是有先後次序的，太陽系是在創世記裏第四天才完全造好了。今

天的科學界認為太陽系是在銀河系生成後幾十億年才產生的，在太陽系內，月球的出現是在地球生成之後的，時間的差距有千萬年之久，聖經的啟示和科學的發現是相同的，因此瞬間創造論並不合聖經的啟示和科學的發現。

第二個重要的啟示是時間的定義，時間的定義到底是什麼，我們並不明白，今天的一天是太陽系形成後，根據地球自轉一週的時間而定，在太陽系形成之前，時間怎麼定義，我們並不知道，在上帝的時間座標中，時間怎麼定義，我們也不知道。這段聖經告訴我們，太陽系是在創世記裏第四天才完全造好了，節令，日子，和年歲都在創造第四天才定下來，我們所經歷的 24 小時地球日是在第四天才有的，如此看來，創世記中所記載的六天創造的時間是在上帝的時間座標系統，而非人間的時間座標。海萊博士所著的聖經手冊中也解釋了創世記的七日，他的解釋如下：「這些日子究竟是指 24 小時的一日或是七個相連的長時期，我們不知道。這日字有許多不同的意思。」

今天從科學的理解來看這七天應該是七個長時期，但是在上帝的時間座標裏是七天，因為主看一日如千年，千年如一日。在一百年以前，要想這樣去理解聖經是很困難的，因為大家都相信時間是絕對的，但是愛因斯坦提出相對論之後，解開了時間的奧密，我們現在知道時間是相對的。

關於聖經創世記的解釋，有一個理論稱為間隔論，認為在創世記第一章第一節，上帝就完成了宇宙的創造，但是因為這個世界被毀壞了，創世記第一章第二節開始上帝在地球上的恢復。間隔論在 1909 年受到英國解經家司可福的引用，而影響了許多基督徒，因為在解釋其他的經文上有困難，在科學上也講不通，在西方教會早已放棄這個理論。

另外有關大爆炸的問題是奇點的問題，許多基督徒，非基督徒，以及一些科學家，都十分懷疑宇宙如何能夠從一個奇點擴張出來而成為如此巨大的宇宙。

其實奇點只是科學理論上的假設，愛因斯坦的場方程式證明宇宙是擴張的，天文學的觀測也告訴我們宇宙是擴張的，跟據這些事實，昨天的宇宙要比今天的宇宙小，前天的宇宙又比昨天的宇宙小，如此推算回去，時間和空間總有一個起始點，在科學理論上我們稱為奇點，今天的大爆炸論假設在起初的那個時刻，有極大的能量從奇點釋放出來，最終形成我們現在的宇宙。

宇宙大爆炸之前是什麼狀態，是什麼導致了宇宙大爆炸，沒有科學家知道，我們相信起初上帝創造了天地，上帝是宇宙大爆炸的精心設計者，在爆炸之後，有一套極其複雜的程序啟動，恒星的形成，物質元素的產生，新星系的形成，老星體的衰亡，白矮星，中子星，超新星，黑洞的形成等等。

大爆炸論是過去一個世紀，人類的努力和智慧的發現，是一個非常優雅的理論，因著科學家不斷的研究發展，未來我們會有更多對宇宙的瞭解，對於樂於尋找宇宙真理的人，下面一段聖經給了我們一個勉勵。

哥林多前書，第十三章，第 12 節，“我們如今彷彿對著鏡子觀看，模糊不清，到那時就要面對面了。我如今所知道的有限，到那時就全知道，如同主知道我一樣。”

聖經和科學

創世記第一章是聖經中也是基督教信仰中最引人注目的一段經文，它記載了宇宙的創造，地球的創造，生物的創造，和人的創造，仔細的察考這段經文，再和近代科學研究發現的結果相對照，創世記第一章的記述和科學的發現是一致的，唯一的爭論是聖經說上帝創造這一切。創世記第一章記在下面請讀者參考。

起初，上帝創造天地。

地是空虛混沌，淵面黑暗；上帝的靈運行在水面上。

上帝說：「要有光」，就有了光。

上帝看光是好的，就把光暗分開了。

上帝稱光為「晝」，稱暗為「夜」。有晚上，有早晨，這是頭一日。

上帝說：「諸水之間要有空氣，將水分為上下。」

上帝就造出空氣，將空氣以下的水、空氣以上的水分開了。事就這樣成了。

上帝稱空氣為「天」。有晚上，有早晨，是第二日。

上帝說：「天下的水要聚在一處，使旱地露出來。」事就這樣成了。

上帝稱旱地為「地」，稱水的聚處為「海」。上帝看著是好的。

上帝說：「地要發生青草和結種子的菜蔬，並結果子的樹木，各從其類，果子都包著核。」事就這樣成了。

於是地發生了青草和結種子的菜蔬，各從其類；並結果子的樹木，各從其類；果子都包著核。上帝看著是好的。

有晚上，有早晨，是第三日。

上帝說：「天上要有光體，可以分晝夜，作記號，定節令、日子、年歲，並要發光在天空，普照在地上。」事就這樣成了。

於是上帝造了兩個大光，大的管晝，小的管夜，又造眾星，就把這些光擺列在天空，普照在地上，管理晝夜，分別明暗。上帝看著是好的。

有晚上，有早晨，是第四日。

上帝說：「水要多多滋生有生命的物；要有雀鳥飛在地面以上，天空之中。」

上帝就造出大魚和水中所滋生各樣有生命的動物，各從其類；又造出各樣飛鳥，各從其類。上帝看著是好的。

上帝就賜福給這一切，說：「滋生繁多，充滿海中的水；雀鳥也要多生在地上。」

有晚上，有早晨，是第五日。

上帝說：「地要生出活物來，各從其類；牲畜、昆蟲、野獸，各從其類。」事就這樣成了。

於是上帝造出野獸，各從其類；牲畜，各從其類；地上一切昆蟲，各從其類。上帝看著是好的。

上帝說：「我們要照著我們的形像、按著我們的樣式造人，使他們管理海裏的魚、空中的鳥、地上的牲畜，和全地，並地上所爬的一切昆蟲。」

上帝就照著自己的形像造人，乃是照著他的形像造男造女。

上帝就賜福給他們，又對他們說：「要生養眾多，遍滿地面，治理這地，也要管理海裏的魚、空中的鳥，和地上各樣行動的活物。」

上帝說：「看哪，我將遍地上一切結種子的菜蔬和一切樹上所結有核的果子全賜給你們作食物。」

至於地上的走獸和空中的飛鳥，並各樣爬在地上有生命的物，我將青草賜給牠們作食物。」事就這樣成了。

上帝看著一切所造的都甚好。有晚上，有早晨，是第六日。天地萬物都造齊了。

到第七日，上帝造物的工已經完畢，就在第七日歇了他

一切的工，安息了。

上帝賜福給第七日，定為聖日；因為在這日，上帝歇了他一切創造的工，就安息了。

生活在 21 世紀的今天，我們都注意到心血管疾病的嚴重性，在食物當中高膽固醇的脂油類食物，是應當避免的，這是近代醫學的發現，但是在聖經利未記的記載裏，上帝已經告訴猶太人不可吃動物脂油，利未記是在公元前 1400 左右寫的，距離今天有 3400 年了，在那個時候聖經就能提供猶太人這麼好的健康知識，那是十分驚人的，聖經原文記在下面。

舊約聖經，利未記，第七章，第 22-23 節，“耶和華對摩西說、你曉諭以色列人說、牛的脂油、綿羊的脂油、山羊的脂油、你們都不可喫。”

關於地震的問題，人類也探索了很多年了，一直不得其解。地震是一個神祕的現象，1909 年克羅埃西亞地震學家莫霍洛維奇發現地殼與地幔的交界，即莫霍界面。1915 年大氣學家偉格納根據地質證據，提出大陸漂移學說，因缺乏漂移的動力來源而不被接受。1929 年英國地質學家霍姆斯相信大陸地殼下的熱對流是造成大陸分裂和飄移的原因，首次提出聚合與張裂的想法。1954 年日本地震學家和達清夫與美國地質學家班尼奧夫發現連接海溝與火山島弧底下的震源分佈，有一向內陸傾斜的帶狀區域（班尼奧夫帶），為板塊構造學說想法的先驅。

經過近代科學家的研究，現在大家了解地震是由於地殼板塊的斷裂或移動造成的，斷層附近容易有地震，而聖經撒迦利亞書，早已記載了一段經文如下：

舊約聖經，撒迦利亞書，第十四章，第 4-5 節，“那日，他的腳必站在耶路撒冷前面朝東的橄欖山上，這山必從中間分裂，自東至西，成為極大的谷，山的一半向北挪移，一半向南挪移。你們要從我山的谷中逃跑，因為山谷必延到亞薩，你們逃跑，必如猶大王烏西雅年間的人逃避大地震一樣。”

這一段聖經很清楚的描寫了地震發生時的現象，地層斷裂並且滑動，撒迦利亞書寫於公元前 300 年，距離今天也有 2300 年了。

聖經的文學

聖經詩篇第 19 篇，提到了上帝的榮耀顯現在諸天（宇宙）之中。上帝是隱藏的也是不能被看見的，但是在宇宙的規律中，我們看見了神的手段和榮耀，宇宙是寧靜的，無言無語可聽，在一片寧靜當中，因為認識了宇宙的奇妙和星系各樣規律的運行，我們聽見了神的話（神的道）傳遍天下。

諸天述說上帝的榮耀；穹蒼傳揚他的手段。

這日到那日發出言語；這夜到那夜傳出知識。

無言無語，也無聲音可聽。

它的量帶通遍天下，它的言語傳到地極。上帝在其間為太陽安設帳幕；

太陽如同新郎出洞房，又如勇士歡然奔路。

它從天這邊出來，繞到天那邊，沒有一物被隱藏不得它的熱氣。

耶和華的律法全備，能甦醒人心；耶和華的法度確定，能使愚人有智慧。

耶和華的訓詞正直，能快活人的心；耶和華的命令清潔，能明亮人的眼目。

耶和華的道理潔淨，存到永遠；耶和華的典章真實，全然公義，都比金子可羨慕，且比極多的精金可羨慕；比蜜甘甜，且比蜂房下滴的蜜甘甜。

況且你的僕人因此受警戒，守著這些便有大賞。

誰能知道自己的錯失呢？願你赦免我隱而未現的過錯。

求你攔阻僕人不犯任意妄為的罪，不容這罪轄制我，我便完全，免犯大罪。

耶和華—我的磐石，我的救贖主啊，願我口中的言語、心裏的意念在你面前蒙悅納。

一段神祕又有趣的聖經經文

舊約聖經，出埃及記，第三十三章，第 17-23 節

耶和華對摩西說：「你這所求的我也要行；因為你在我眼前蒙了恩，並且我按你的名認識你。」

摩西說：「求你顯出你的榮耀給我看。」

耶和華說：「我要顯我一切的恩慈，在你面前經過，宣告我的名。我要恩待誰就恩待誰；要憐憫誰就憐憫誰」

又說：「你不能看見我的面，因為人見我的面不能存活。」

耶和華說：「看哪，在我這裏有地方，你要站在磐石上。」

我的榮耀經過的時候，我必將你放在磐石穴中，用我的手遮掩你，等我過去，然後我要將我的手收回，你就得見我的背，卻不得見我的面。」

這段聖經講了一個有趣的故事，上帝十分喜悅摩西，摩西向上帝提出一個請求，他想看見上帝的面容，上帝不允許，但是上帝讓摩西看到祂的後背。這段經文記到這裏，

就停止了，並不告訴我們摩西看見了什麼？上帝背後的榮耀又是什麼？

聖經如此記載必然是有意義的。多年前我在紐約讀書時，有一位牧師解釋了這段聖經，他認為在宇宙中，在歷史裏頭，我們看到了上帝完成的工作，這就是上帝背後的榮耀了。我後來察考了解釋聖經的書，也是相同的看法。在美國太空總署的網頁上，特別是哈伯太空望遠鏡的網頁上，每天都可以看到宇宙中十分壯觀的各種景像，有宇宙黑洞的照片，有數千顆恆星聚在一起的照片，真是超乎我們的想像，在這當中，我們豈不是像摩西一樣有福氣，看見了上帝背後的榮耀？

1992年，美國物理學會在華盛頓舉行了特別發表會，斯穆特擔任COBE衛星團隊的發言人，發表宇宙背景幅射圖。斯穆特告訴新聞記者說：我們發現了早期宇宙的最古老最大的結構，它們是宇宙原始的種子，形成了今日的宇宙結構。他接著又說：「很好，如果你們有宗教信仰，這就好像見著了上帝的面容。」按照聖經的教導，更正確地說，我們是看見了上帝背後的榮耀。

本章的結語

天主教教宗方濟於2014年10月27日在天主教科學院發表了演講，教宗認為大爆炸論和進化論並不違背聖經創世記的觀念。他還說，「上帝不是魔術師，拿出魔法棒做出一切。祂創造了萬物並賦予自主性，讓他們根據內在法則的發展，創世後往前邁進了數個世紀和千年，直到我們今天看到的模樣。」，這是最近天主教教宗的看法。

近代以來，基督教聖經經常被認為是迷信的，不科學的，在 1859 年，達爾文提出了進化論，認為所有物種都是由進化而來，聖經的創造論是個神話。但是任何一個華美的理論都需要實驗來證明，跟現實觀測能夠印證，進化論提出以來已經 150 多年了，但是缺環（Missing Link）的問題一直沒有解決，在實驗室中也未能造出有生命的細胞來。主張進化論的學者常認為只要時間夠長，生命可以進化出來，但是在太陽系內的行星都和地球有相近的年齡，但是我們並沒有發現有生命的存在。

宇宙大爆炸論在這方面，卻是不同於進化論，它有實驗和觀測資料的支持，在本章的討論中也比較了聖經中有關於宇宙和世界的神學思想和今天的宇宙科學的理論，天文觀測的發現，和高能物理的實驗發現。從這些比較來看，聖經絕非迷信，聖經和科學也並無衝突。還可以說今天的科學發現印證了聖經的話。

事實上，將近 2000 年前，使徒保羅在聖經中寫下了一段讓人深思經文，現在記在以下做為跟讀者一同的參考和勉勵。

羅馬書，第一章，第 19-20 節，“上帝的事情，人所能知道的，原顯明在人心裏，因為上帝已經給他們顯明。自從造天地以來，上帝的永能和神性是明明可知的，雖是眼不能見，但藉著所造之物就可以曉得，叫人無可推諉。”

第十三章

結語



沙漠小城 Borrego Springs 沒有光源的干擾
是觀看星空的好地方

南加州的氣候很好，我住在橙縣，晚餐之後，在社區裏散步是一天最輕鬆愉快的時刻。這裏有不少小烏鴉飛來飛去，晚上的月亮是挺大的，星星看起來總是稀稀疏疏的，因為在城市裏，光源多，星星的光被掩蓋了，這時候不禁想起來高中所讀過的古詩，曹操寫的“月明星稀，烏雀南飛”。

2010年，我到棕櫚泉南邊的一個小鎮出差，小鎮叫 Borrego Springs，在山谷之中，乃不毛之地，人口不到二千人，我在那裏住了一個晚上，旅館很好，還有個高爾夫球場。這裏沒有光源的干擾，看了旅館的廣告，知道他們常有天文的愛好者，來這裏觀看天象，及流星雨，那天晚上，我到旅館外面散步，舉目觀看天象，我是十分驚異，因為從來沒有看過如此壯觀的宇宙天象，真是滿天星斗，銀河系清楚得可以分辨，一片星河又像巨輪橫在天空，英文稱做 Milky Way 是有道理的。自古以來，大家都覺得人事會改變，天上的星星總不改變，宇宙總不改變，北斗七星，牛郎，織女，總是在天上出現。不過人類的智慧和知識進步太快了，科學家們發現了宇宙不斷的擴大，並且還有一個開始呢。

二十世紀初，愛因斯坦提出了特殊相對論，告訴了我們質能互變的原理，質能轉換是根據能量等於質量乘以光速的平方。他又接著提出了一般性相對論，告訴世人宇宙重力場的原理，宇宙星系的運行是根據相對論的場方程式。

因為望遠鏡的改進和天文學家努力的觀測和研究，在 1925 年，哈伯發現宇宙是動態擴張出去的，並且宇宙中有無數的類似於我們銀河系的島宇宙。

在 1927 年，比利時的神父和物理學家羅梅村，根據相對論的場方程式，和哈伯觀測到宇宙擴張的事實，反面推算回

去，推演出宇宙應該是有開始的，他稱為那是“沒有昨日的那一日”。他並且提出了宇宙開始於一個質量極大，體積極小的奇點，宇宙從那裏開始擴充出去，時間和空間從此有了開始，這樣的一個有開始的動態宇宙模式，後來被稱為宇宙大爆炸論。

在羅梅村的研究基礎上，伽莫和阿爾菲以及赫爾曼後來又加入了太初核合成的理論。伽莫認為在宇宙大爆炸的時候，大約在宇宙開始的3分鐘裏，巨大的能量轉換成為氫元素和氦元素，從此宇宙有了最基本的元素。

1964年，在貝爾實驗室工作的威爾遜和彭齊亞斯，發現宇宙背景微波輻射，這個發現初步的證實了宇宙大爆炸論，接著而來各種實驗及巡天衛星的觀測，都支持大爆炸論。在2006年，約翰·馬瑟和喬治·斯穆特因領導了宇宙背景探測的計畫而獲得諾貝爾物理學獎，根據諾貝爾獎委員會的看法：「宇宙背景探測的計畫可以視為宇宙論成為精密科學的起點。」

霍伊和伯比奇夫婦、還有威廉·福勒，和其他物理學家，提出了恆星核合成的理論，這個理論告訴我們，宇宙一切複雜的元素，都是從氫元素和氦元素，通過恆星這個巨大的核反應爐所製造出來的，如此，宇宙的一切物質都是從巨大的能量轉換過來的。

通過這些科學家的努力，宇宙大爆炸論，已經成為了一個完整的，主流的，宇宙物理學的理論。這個發現是這一個世紀裏，最重要的發現。今天的科學家發展出各種的大型天文望遠鏡，甚至有放在太空中運行的望遠鏡，通過這些先進的科學儀器的觀測，發現我們的宇宙無比的浩瀚，類似於我們

的銀河系就有上千億個，每一個星系裏竟然有上千億個像我們的太陽的恆星，而這個宇宙是在不斷的擴張的。科學家估算，這個宇宙有 137 億年的歷史。在這個宇宙當中還有很多我們不明白，也看不到的東西，像是暗物質，暗能量。科學家們還在努力研究，將來大爆炸論還會有修正的。

亞里斯多德和柏拉圖開始了西方世界的宇宙觀，建立起以地球為宇宙中心的理論。13 世紀時，基督教神學家阿奎那那接受了這個理論而成為西方世界主流的宇宙觀。到了 16 世紀和 17 世紀初的基督徒哥白尼和伽利略發現地球繞著太陽運轉。到了 20 世紀，比利時的天主教神父羅梅村提出宇宙大爆炸論。因著聖經的影響，基督教徒對於天文宇宙學是關心的，也因此對於天文宇宙科學的研究發展做出重要的貢獻。在本書中所記載的科學家中，猶太裔的科學家佔有一半，這也是事實，我相信這跟他們的宗教和文化背景有關。

聖經創世記第一章第一節說“**起初神創造天地**”，這個觀念很明顯的影響了天主教神父和物理學家羅梅村的研究方向，至終發展出宇宙大爆炸論，目前主流的物理學家，都承認宇宙和時間是有一個開始的。

經過許多天文學家的努力觀測和研究，特別是哈伯在無數漫漫長夜的觀測中，他發現了宇宙是由無數的銀河系所構成，這個宇宙還在動態的擴張出去，這是人類數千年觀察的發現。但是基督教聖經的以賽亞書，早已告訴我們上帝把諸天擴張出去。

聖經告訴我們這個世界不是用現成的物質材料建造起來的，是藉著神的話所造成的，而神的話是帶著能力的，聖經

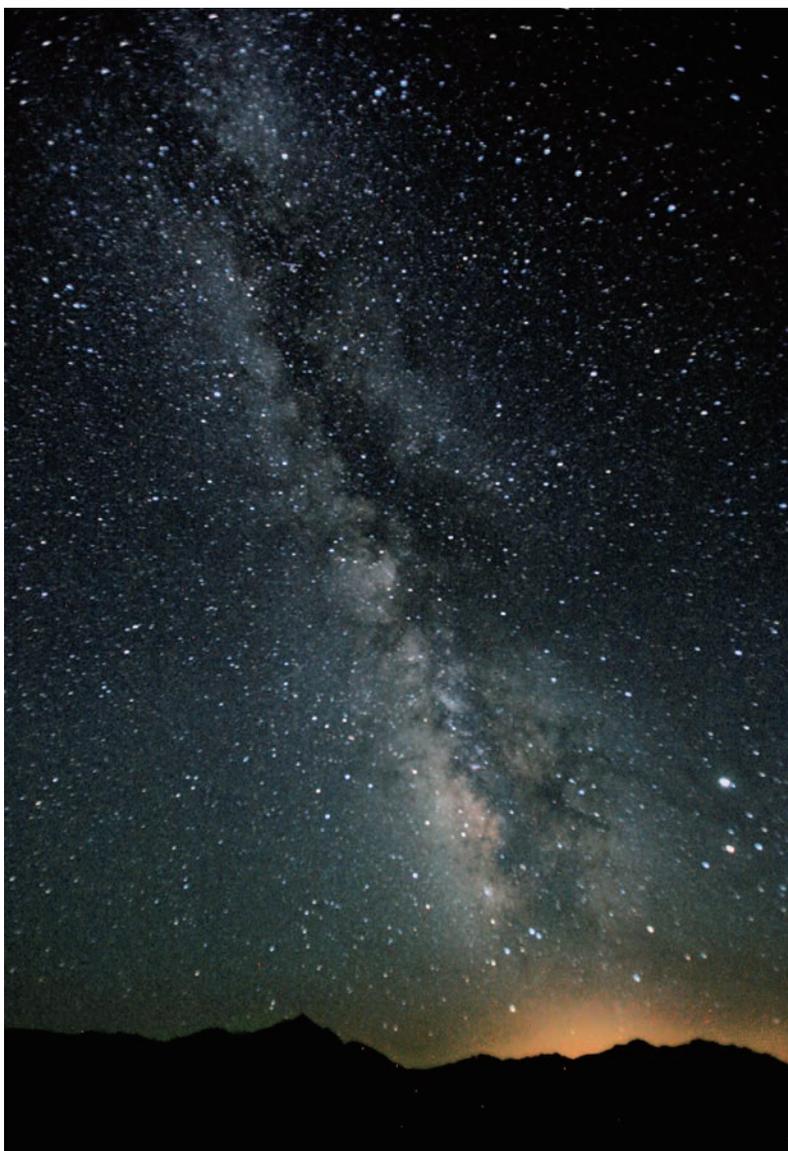
也告訴我們神就是烈火，如此看來，這和科學界所發現的太初核合成和恆星核合成的觀念並無衝突，我們現在所看到的一切物質，都是從能量轉換過來的，而不是原來就存在的。核能的發現和利用讓我們了解質量可以轉換成巨大的能量，2012年希格斯玻色子（上帝粒子）的發現，讓我們逐漸了解能量轉換成質量的機制。

聖經創世記中告訴我們神用地上塵土造人，今天的科學界認為，我們看到的這一切都是由星塵所合成的。

聖經主要是規範信徒的行為，不是研究或是教導科學的書，但是在所有的宗教中，基督教的聖經對於宇宙的來源以及未來有比較清楚的論述。宇宙大爆炸論和近代物理學的發現和聖經從無到有的創造論不但是沒有衝突的，並且是非常相近的。

但是從另一個角度來看宇宙大爆炸論，它從科學上解釋了宇宙產生的過程，但是卻無法解釋為何這些過程會發生，比如說：大爆炸之前是什麼狀態，誰開始了大爆炸，為何大爆炸之後會產生基本粒子，為何基本粒子通過對稱破缺產生質量，最終產生出這個美好的宇宙及現存的物質世界。我們可以說今天從科學的研究和發現來看，這個宇宙的形成確實是一個非常精妙的設計。

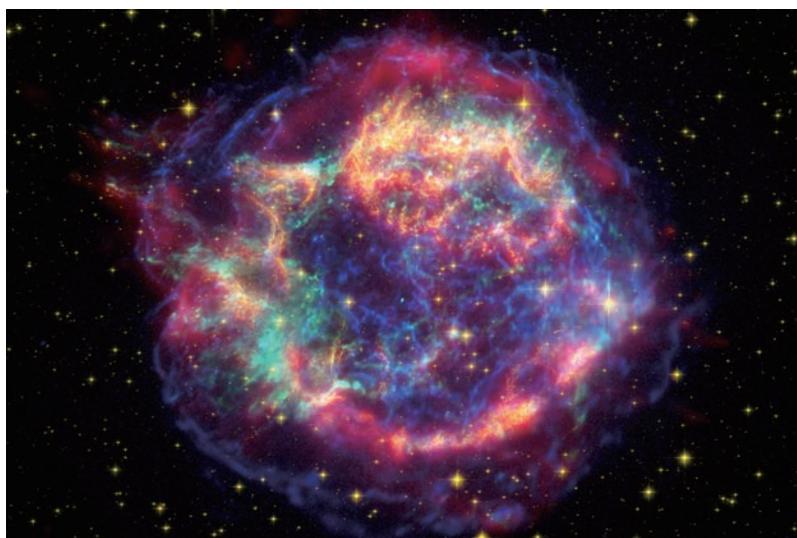
這本書介紹了宇宙大爆炸論發展的故事，這是一段很有趣的科學發展史，希望能引起基督徒和非基督徒讀者的興趣，也希望本書的介紹及探討能給讀者帶來一些意義。



(Author: Steve Jurvetson)



2015 年，NASA 為紀念哈伯太空望遠鏡運行 25 週年
公佈的照片，照片中的星團是由 3000 多個恆星所組成



超新星凱西匹亞合成影像，這個超新星距離地球
約一萬光年

參考資料

1. Alpher, R., and R. Herman, *Genesis of the Big Bang*, Oxford University Press, 2001
2. Aczel, Amir, *The Story of CERN and the Large Hadron Collider, Present at the Creation*, Crown Publishers, New York, 2010
3. Brian, Denis, *Einstein a Life*, John, Wiley & Son, Inc., 1996
4. Baggott, Jim, *The Invention & Discovery of the “God Particle”Higgs*, Oxford University Press, 2012
5. Farrell, John. *The Day without Yesterday, Lemaitre, Einstein, and the Birth of Modern Cosmology*, Thunder’s Mouth Press, New York, 2005
6. Gregory, Jane., *Fred Hoyle Universe*, Oxford University Press, 2005
7. Gamow, George., *My World Line*, Viking Press, 1970
8. Godart, O. and Heller, M., *Cosmology of Lemaitre*, Pachart Publishing House, 1985
9. Holder, Rodney D. and Mitton, Simon, Editors, *Georges Lemaitre: Life, Science and Legacy*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012
10. Harland, David M., *The Big Bang A View from the 21st Century*, Springer, 2004
11. Hoyle, Fred. *Home Is Where the Wind Blows, Chapters from a Cosmologist’s Life*, Universe Science Books, 1994.
12. Lacayo, Richard. *Albert Einstein, The Enduring Legacy of a Modern Genius*, Time Inc., Specials, 2014.
13. Phillips, A.C., *The Physics of Stars*, John Wiley & Sons, 1999.
14. Singh, Simon. *Big Bang, the Origin of Universe*, Harper Collins Publishers Inc., 2004.
15. Sharov, Alexander S. and Novikov, Igor D., *Edwin Hubble the Discover of the Big Bang Universe*, Cambridge University Press, 1993

16. Viereck, George Sylvester, “What Life Means to Enstein”, Saturday Evening Post, October 26, 1929.
17. Wallner, Anton, Nucleosynthesis of Gold – a process in an extreme environment, The Gold Standard Institute, 2013
18. Thuan, Trinh Xuan, (劉自強譯), 創世記, 宇宙的生成, 時報文化出版企業有限公司, 1995
19. 海萊博士, 聖經手冊 (Halley's Bible Handbook), 桑安柱, 滕近輝, 嚴雅各, 王長新, 薛玉光繙譯, 證道出版社, 1951 年初版
20. 馬有藻, 鮮為人知的宇宙齡, 宇宙大爆炸之謎, 榮主出版社, 1985
21. 潘國駒, 韓川元, 寧拙毋巧 - 楊振寧訪談錄, 世界科技出版社, 1988
22. 李志航, 科學對基督教的挑戰, 雅歌出版社, 1992
23. 陳久金, 楊怡, 中國古代的天文與曆法, 台灣商務印書館股份有限公司, 1993
24. 里程, 遊子吟 - 永恆在召喚, 海外校園出版, 2010
25. 周鐵樓, 從大爆炸看上帝的創造, 中信, 第 52 卷, 第 12 期, 2013
26. 記者王善言, 橙縣報導, “宇宙起源解密, 馮孝仁協尋暗物質”, 世界日報, September, 20, 2014
27. 黃雅格, 奇妙的宇宙 - 奇妙的好運, 遠東廣播公司, 2015
28. 維基百科網站 - <http://zh.wikipedia.org/>
29. All Nobel Prizes in Physics - http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/

本書提要

1905年愛因斯坦提出了狹義相對論，解釋了質量和能量互換的原理，1915年他又提出了廣義相對論和宇宙重力場的方程式。1929年天文學家哈伯通過天文觀測和計算，發現宇宙中有無數的銀河系，並且宇宙是在不斷的擴張當中。比利時的天主教神父及物理學家羅梅村，根據哈伯所發現的宇宙擴張的事實和愛因斯坦的場方程式，反時間推算回去，他認為宇宙並非是自有永有的，宇宙是有一個開始，宇宙的時間和空間起始於一個質量極大，體積極小的奇點，從這個奇點擴充出來的。這個理論後來經過物理學家加莫，阿爾菲，和赫爾曼的改進，加入了太初核合成的過程，而成為今天廣為人知的大爆炸論。因為宇宙背景輻射的發現，大爆炸論得到有利的支持。

過去幾十年來，高能物理，量子力學，和粒子加速器不斷的進步，對於構成物質的基本粒子也有更新的發現，2013年科學家證實了上帝粒子的存在，讓我們了解在宇宙大爆炸初期基本粒子取得質量的機制。今日大爆炸論已經成為物理學主流的學說和研究方向。本書介紹了大爆炸論及近代天文學發展的故事，聖經創世記，第一章第一節說“起初神創造天地”，以賽亞書，第四十章第22節說“神坐在地球大圈之上，地上的居民好像蝗蟲，他鋪張穹蒼如幔子，展開諸天如可住的帳棚”，希伯來書，第十一章第3節說“我們因著信，就知道諸世界是藉，神話造成的，這樣，所看見的，並不是從顯然之物造出來的。”本書也討論了大爆炸論跟聖經的關係，以及聖經中一些跟宇宙有關連的經文。