

铺张穹苍 展开诸天

宇宙大爆炸论的故事与探讨

解世煌

铺张穹苍 展开诸天

宇宙大爆炸论的故事与探讨



作者：解世煌

1905年爱因斯坦提出了狭义相对论，解释了质量和能量互换的原理，1915年他又提出了广义相对论和宇宙重力场的方程式。1929年天文学家哈伯通过天文观测和计算，发现宇宙是在不断的扩张当中。

比利时的天主教神父及物理学家罗梅村，根据哈伯所发现的宇宙扩张的事实和爱因斯坦的场方程式，反时间推算回去，他认为宇宙是有一个开始，宇宙的时间和空间起始于一个质量极大，体积极小的奇点，从这个奇点扩充出来的。这个理论后来经过物理学家加莫，阿尔菲，和赫尔曼的改进，加入了太初核合成的过程，而成为今天广为人知的大爆炸论。因为宇宙背景辐射的发现，大爆炸论得到有利的支持。

2013年科学家证实了上帝粒子的存在，让我们了解在宇宙大爆炸初期基本粒子取得质量的机制。今日大爆炸论已经成为物理学主流的学说和研究方向。宇宙大爆炸论是过去100年来，科学家们努力研究出来的成果。本书介绍了大爆炸论及近代天文学发展的故事，圣经创世记，第一章第一节说“起初神创造天地”本书也讨论了大爆炸论跟圣经的关系。

铺张穹苍 展开诸天 宇宙大爆炸论的故事与探讨

罗梅村，爱因斯坦
和
近代天文物理学发展的故事

作者：解世煌
台湾中原理工学院毕业
爱荷华大学工程硕士
纽约州立大学（水牛城）工程博士

书 名 / 铺张穹苍 展开诸天—宇宙大爆炸论的故事与探讨

作 者 / 解世煌

总经销 / 台福传播中心 (印刷版)

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

电话 : (626) 307-0030

传真 : (626) 307-5557

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

版权所有 • 请勿翻印

2014 年 11 月初版, 2016 年 9 月电子版

ISBN : 978-1-61801-004-9 (印刷版中文繁体)

ISBN : 978-1-61801-010-0 (电子版中文繁体)

ISBN : 978-1-61801-011-7 (电子版中文简体)

Copyright 2014 and 2016 by James Chieh

Email : james.chieh@yahoo.com

目錄

ACKNOWLEDGEMENT

前 言

第一章 近代科学知识的加速增长	2
第二章 现代物理学之父 - 阿尔伯特·爱因斯坦	6
爱因斯坦的生平	8
第三章 爱因斯坦的相对论	14
相对论的发展	16
相对论在生活上的验证	21
相对论在宇宙学上的应用	23
第四章 物理宇宙学的发展	26
第五章 比利时的神父, 物理学家 - 乔治·罗梅村	34
在英国剑桥大学的研究	37
在美国哈佛大学的研究	39
第六章 二十世纪初期的天文学研究和发现	44
乔治·海尔 - 加州威尔逊山天文观测站	46
变星 - 星星距离的测量	47
多普勒效应及星云的红移现象	49

大辩论	50
天文学家 - 爱德文·哈伯	51
岛宇宙的发现	52
宇宙扩张的发现	53
罗梅村关于宇宙扩张的研究	56
第七章 宇宙大爆炸论的发展	60
黑洞	62
1927年索尔维国际物理学化学研究会	64
太初原子的宇宙模式	67
加州理工学院的 <i>Athenaeum Club</i>	71
爱因斯坦的信仰	76
大爆炸论所衍生出来的问题	78
乔治·伽莫的研究工作 - 大初核子合成	79
恒星核合成	81
弗雷德·霍伊的稳恒态宇宙模型	83
天主教教廷的反应	86
社会的反应	87
科学界和科学家们的反应	87
第八章 天火餘辉	92
宇宙背景辐射的发现	94
宇宙背景幅射的卫星探测	98
诺贝尔奖和大爆炸论	101
第九章 罗梅村晚年的岁月	104

第十章	二十一世纪的的大爆炸论	112
	宇宙力	114
	基本粒子	114
	普朗克时期	115
	宇宙的年龄	115
	爱伦·古斯的宇宙早期暴胀模型	115
	电子伏特	117
	欧洲核子研究组织	117
	杨-米尔斯规范场理论	118
	对称性破缺与希格斯机制	118
	基本粒子理论的标准模型	119
	2013年希格斯玻色子的发现	123
	大爆炸论对于宇宙产生的描述	125
第十一章	宇宙有多大	136
	太阳系	138
	银河系	139
	可观测的宇宙	139
第十二章	圣经和今日的大爆炸论	142
	大爆炸论的重点	146
	圣经里相关的经节	146
	有关大爆炸论的问题	153
	圣经和科学	156
	圣经的文学	160
	一段神秘又有趣的圣经经文	161

本章的结语	162
第十三章 结语	164
参考资料	172
本书提要	174



本书以知名科学家的故事为经，大爆炸论为纬，从1905年爱因斯坦的相对论开始，一直到2013年欧洲核子研究组织发现了「上帝粒子」，本书记述了过去一百年来宇宙科学的研究和发现。

天文学家哈伯在1925年和1929年发现，宇宙有无数的类似于银河系的星系，并且这些星系是在扩张开来，宇宙是在膨胀的过程。圣经以赛亚书在公元前700年前后，记载了以下的经文：「神坐在地球大圈之上，地上的居民好像蝗虫，他铺张穹苍如幔子，展开诸天如可住的帐棚。」

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)

我很感谢我的母亲，内人及儿女给我的支持，可以在忙碌的生活中，写完这个小故事。内人还帮助我校稿，很不容易。华人宣道会活石堂的梁诚德牧师，审阅校读了原稿，给我很多帮助。台福传播中心帮助我编辑及出版。十分感谢。初版之后，教会的牧师，长老，及弟兄姊妹们有所建议及勉励，在此一并致谢。2016年，本书在台湾宇宙光月刊发表为十篇专栏，在此向宇宙光杂志社的主编及二位编辑致谢。

“在一切事务开始之前，我们有一个无与伦比的烟火晚会，然后在一个爆炸之后，诸天和烟灰出现了，我们来的太晚，只能看到创造生日后的庄严和美丽。”

乔治·罗梅村

前言

从 1975 年到美国来读研究所，在美国已经生活快 40 年，在写这本书的时候总会想到儿时的生活，还记得在 1960 年代，我们家住在台中市的存信巷，过了大街三民路，就是台中商专，另外一条街的旁边，就是台湾省立台中一中，我的初中和高中都是在这里渡过的。

我们的巷子里有一位不平凡的人物，韩宝莲教士（Dr. Pauline Hamilton），她是美国宾州大学的生理学博士，曾经在美国有名的研究所工作过，后来舍弃一切，来到中国的上海加入中国内地会（China Inland Mission）的宣教工作，后来她又到台湾宣教，她大多数的时间都是住在台中市，在台中公园附近的一个基督教教会，思恩堂，作宣教士，我读小学的时候，韩教士常常邀请附近的小朋友到她家聚会，听她讲圣经的故事，在那个年代，她有投影机，可以投放些精美的圣经故事的彩色图片，她也有美国一些科学杂志的书，这些都很吸引我的兴趣，尤其是创世记的故事，增加了我的想像。在中学的时候，我也在教会里上过韩教士的主日学，有一回她讲解创世记第一章时，提到了不少天文科学上的发现和新知识。她提到在当时已经发现新的星系以及天文观测中发现星云的形成。她在这方面的讲解，很显然的不同于其他传道人的解释圣经创世记。

韩教士一生奉献在中国大陆和台湾的基督教的宣教事工，她也参与辅导青少年人，是十分值得尊敬的，她退休后回到美国，写了一本英文自传，潘燕师母译为中文，书名是“他是 - 韩婆婆传”，韩教士的启发，让我对于圣经的创世记，一直保持了很大的兴趣。

这几年在工作之余，有空阅读科学传记和天文学的书，知道过去这一个世纪，在天文物理上有极为重要的发展和发现，在1900年代初期，科学家相信宇宙就是我们所处的银河系，宇宙是恒常不变自有永有的，宇宙中的化学元素或物质也是不能被创造或毁灭的。

犹太裔美国物理学家爱因斯坦于1905年发表了特殊相对论，1916年发表了普通相对论。1925年天文学家哈伯发现宇宙是由无数类似于我们银河系的星系所组成。比利时物理学家罗梅村和美国天文学家哈伯，分别于1927年及1929年利用对星云红移现象的观测，发现宇宙是动态的，是在扩张的。1931年罗梅村在相对论的场方程式和天文观测的基础上，提出了“**太初原子论**”，他认为宇宙是有一个开始的，宇宙起始于一个密度极高，质量极大，体积极小的一个奇点，从这个奇点扩张开来的，一直发展到今天的宇宙。英国天文学家霍伊提倡恒常静态宇宙学，反对罗梅村的看法，他在一九四九年代的英国广播中称太初原子论是宇宙大爆炸论。从此之后，罗梅村的太初原子论就成为宇宙大爆炸论。

1945年，美国物理学家加莫和阿尔菲，接续了罗梅村的研究，加入了太初核合成的概念，解释了宇宙初期发展的过程，通过太初的核反应过程，能量转换成为物质，宇宙星系逐渐形成，在此之后加莫，阿尔菲，和赫尔曼计算宇宙大爆炸之后，应该有残留下能量称为背景辐射。

在1920年，英国天文学家亚瑟·爱丁顿，首度建议恒星的能量来自于将氢融合成氦的核融合反应。1939年，在一篇名为《恒星能量的产生》的论文中，汉斯·贝特分析了

氢融合成氦的可能过程，1957年，霍伊和伯比奇夫妇，威廉·福勒四人提出了元素合成理论，所有的较氢和氦更复杂的元素都是通过恒星的核子反应所产生出来的。因为发现宇宙中物质元素的来源，贝特和福勒分别得到诺贝尔奖。

到了1965年，贝尔实验室的两位科学家，威尔逊和彭齐亚斯，发现了背景辐射，找到了宇宙大爆炸之后残留下的能量，给宇宙大爆炸论提供了有利的证据，宇宙微波背景辐射的发现和确认，更使绝大多数物理学家都相信，大爆炸是能描述宇宙起源和演化最好的理论。为着他们的发现，在1980年一同获得诺贝尔奖。

现在宇宙物理学的几乎所有研究都与宇宙大爆炸理论有关，或者是它的延伸，或者是进一步解释，例如大爆炸理论的框架下星系如何产生，早期和极早期宇宙的物理定律，以及用大爆炸理论解释新观测结果等。二十世纪九十年代后期和二十一世纪初，望远镜技术的重大发展和宇宙背景探测者（COBE）、哈伯太空望远镜（HST）和威尔金森微波各向异性探测器（WMAP）等空间探测器收集到的大量数据，使大爆炸理论又有了新的证据和突破。

宇宙大爆炸论提出在大爆炸刚开始的极短的时间里，宇宙只有光能和热能，并没有物质的存在，后来产生出带有质量的基本粒子。2013年的诺贝尔奖颁发给了弗朗索瓦·恩格勒和彼得·希格斯，奖励他们发展了希格斯机制，并且在实验室证明了希格斯粒子（上帝粒子）的存在，这个理论解释了宇宙中没有质量的基本粒子如何取得质量。这个物质世界是如何从无到有的过程。

今天的大爆炸论提出宇宙是有起源的，时间也是有开始的，宇宙的一切物质元素都是由能量转换所产生的。诺贝尔奖的颁发给跟大爆炸论有关的研究，也表明主流的科学家们都支持大爆炸论。

罗梅村于 1920 年在比利时鲁汶大学得到数学及物理学博士学位，就在他完成博士学位后，他决定成为天主教的神职人员，随后他到英国剑桥大学及美国哈佛大学进修，1925 年他回到鲁汶大学并且成为这间大学的教授，直到 1964 年退休。

创世记是圣经的第一卷书，他的第一句话就是“**起初神创造天地**”。因为大爆炸论跟圣经创世记第一章第一节有相似之处，又因为罗梅村的基督教背景及神职人员的身份，在大爆炸论的发展过程中，有不少有趣的讨论。在 1930 年代，很多科学家相信宇宙是恒常不变的，也是自有永有的，因此当大爆炸论提出后，很多科学家认为这是一个科学版的创世记，另外在基督徒当中，很多人也反对大爆炸论，认为上帝岂能需要用大爆炸来创造这个宇宙。

宇宙大爆炸论是过去 100 年来，科学家们努力研究出来的成果，也是一个很优雅的理论。这本书比较详细的记载了宇宙大爆炸论发展的故事以及在基督教神学上的思考，尽量做到比较公正和客观的记述，也期盼得到基督徒以及非基督徒读者的共鸣。因为大爆炸论的研究发展也已经有一个世纪了，有许多的科学家参与了研究及发展，因此要介绍这个理论，就要从参与研究的各个重要的科学家个人的故事讲起，借着这些科学家的传记及工作把宇宙大爆炸论的发展勾画出来，呈现给读者，这期间也简单的介绍了一些物理学上的理论及名词。

宇宙大爆炸论的故事与探讨

❖—— 第一章 ——❖

近代科学知识的加速增长

“但以理阿，你要隐藏这话，封闭这书，直到末时，必有多人来往奔跑，（或作切心研究）知识就必增长。”

圣经但以理书

宇宙大爆炸论的故事与探讨

在公元前 606 年到 536 年，在中东地区有巴比伦帝国的兴起，它灭了圣城耶路撒冷和犹太国，在被掳的犹太贵族当中，有一个人名叫但以理，后来他竟然成为巴比伦帝国的高官，好像今天美国的季辛格一样，这位但以理同时也是犹太人的先知，他写了一本有名的书列在旧约圣经中，叫作但以理书，这本书对于世界的发展做了一些预言，其中最有名的故事就是讲到但以理解梦的故事，巴比伦皇帝做了一个梦，梦见了一个巨大的人像，像的头是金的，胸膛和膀臂是银的，肚腹和腰是铜的，腿是铁的，脚是半铁半泥的，有一块大石头把这巨像打碎了，然后变成一座大山，充满天下，但以理的解释是，这个梦预示了世界上强权的更替，从巴比伦帝国，玛代波斯帝国，希腊帝国，罗马帝国，欧洲联盟，到最后上帝的国的出现。这个故事在西方世界中是很有名的，不过对于本书来讲，但以理书中所提到的另外一个预言很有意义及启示。

但以理书，第十二章，第四节

“但以理阿，你要隐藏这话，封闭这书，直到末时，必有多人来往奔跑，（或作切心研究）知识就必增长。”

这个预言是说未来的人类会努力研究，以致于人类的知识会大大的增进，但以理写下这句话的时候毕竟是离现在有 2500 到 2600 年以前了。公元 14 世纪到 17 世纪的欧洲发生了文艺复兴，接续文艺复兴的是启蒙运动时期，又称理性时代，这是在 17 世纪及 18 世纪欧洲发生的一场知识及文化运动，启蒙时代认为科学的发展和人的理性可以改进人类生活。后来又有工业革命，人类的科技和知识有很

大的增进，特别是过去这一百多年来，各个国家和社会都很重视研究和发展，以致于人类在知识上有极大的进步，无论在生物，化学，医学，天文，物理等各个领域都有研究发现。电脑的发明及发展，提供了做研究工作的有利工具，而电脑网络的发明及发展，又大大的助长了知识的传播。

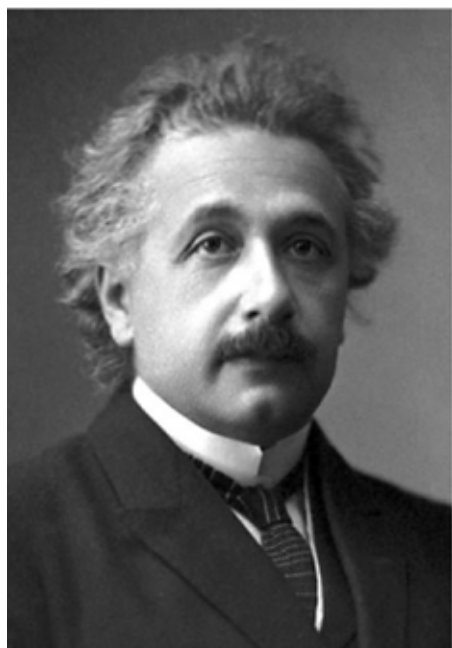
自古以来，人类对着这个浩瀚的宇宙满了神秘又敬畏的感觉，许多的文学家和诗人来颂赞它，许多的科学家和哲学家也试着去了解它，还有神学家试着去解释它。但是我们对于我们所生存的宇宙，所知却是十分有限。在哥白尼之前，我们以为地球就是宇宙的中心，银河系就是整个的宇宙，过去一个世纪，由于物理学的发展和科学仪器不断的进步，在天文物理学上有极重大的发现和突破，现在我们知道宇宙中有上千亿个银河系，可以观测到的宇宙的直径就有 900 亿光年，宇宙是大的不可测度，但是还在动态的扩张出去。

我们今天有幸生活在二十一世纪，由于天文物理学的研究和发展，我们对于宇宙的形成及它的奥秘有更进一步的发现及认识。我们对宇宙知道的愈多，但却有更多不知道的问题，比如说，谁开始了宇宙的大爆炸？大爆炸之前，是什么状态？什么是暗物质？什么是暗能量？这些问题都是今天科学家们的研究课题。

按照现今科学和技术发展的速度，可以预测在未来的几十年里，宇宙科学一定会有更多的发现和认识。今天这一切的物理学上的进展和对于宇宙的认识，都要从二十世纪的大物理学家爱因斯坦和他的相对论说起。

第二章

现代物理学之父 阿尔伯特·爱因斯坦



阿尔伯特·爱因斯坦

宇宙大爆炸论的故事与探讨

爱因斯坦研究并发展出了相对论，他也是量子物理学的开创者之一，这些理论成为现代物理学的基础，并且应用到宇宙科学的研究上，本章介绍爱因斯坦的生平故事。

爱因斯坦的生平

爱因斯坦于 1879 年 3 月 14 日出生在德意志帝国之符腾堡王国乌尔姆市，他的父亲赫尔曼·爱因斯坦（Hermann Einstein）是一名商人也是电机工程师，他的母亲宝琳·柯克（Pauline Koch）是一位音乐家，爱因斯坦出生后不久，便于 1880 年举家迁往慕尼黑，爱因斯坦的父亲与叔叔在新居住地创建了一间电机工程公司，专门设计与制造电机机器。

爱因斯坦从 5 岁到 8 岁是在天主教办的小学读书的，他的中学教育是在德国慕尼黑完成的，现在发现的记录让我们知道爱因斯坦在小学及中学时在学业上非常优秀。他是一个思维敏捷、聪明，有时甚至十分叛逆的学生。他在语言方面不是十分出色，但在自然科学方面却表现十分出众。爱因斯坦常读大众科学书籍，并总是设法获得有关当下科研水准概况的书。特别是亚龙·贝恩斯坦（Aaron Bernstein）所着的（自然科学通俗读本）对他兴趣的形成及其后发展产生了重大影响。他五岁时对袖珍罗盘指南针着迷，并开始受训于私人学拉小提琴。1888 年，进入路易博德文理中学（Luitpold-Gymnasium，1965 年改名为阿尔伯特·爱因斯坦文理中学）。

1894 年，全家又迁至意大利米兰。十五岁的爱因斯坦本当留在学校，考完德国大学资格入学考试才离开，但由于常遭老师训斥以及常触犯德意志第二帝国时期学校的纪律与秩序，爱因斯坦因此固执决定肄业，随其父母同往米兰。

爱因斯坦并未依照其父亲的意愿读电机工程学，而是依他家一好友的建议于1895年申请了瑞士苏黎世联邦理工学院，由于没有德国大学资格入学考试成绩，爱因斯坦需要当年夏天参加该校入学考试，不过爱因斯坦并未在考前抓紧复习，而是选择去了北意大利游玩，因此，十六岁的他，身为当时最小的应考者，没有通过此次考试。他的自然科学考得很不错，但法语没考好。该校校长赫尔岑推荐他去瑞士的阿劳州立中学学习一年。1896年十月，爱因斯坦参加瑞士大学入学考试，10月3日的成绩单上显示他有五科目皆取得最好的成绩。

1896年，爱因斯坦进入苏黎世联邦理工学院师范系学习物理学，1900年毕业，在读书期间最初海因里希·韦伯（Heinrich Weber）是爱因斯坦的导师，爱因斯坦认为韦伯先生没能教导他先进的材料而不满意，而韦伯认为爱因斯坦是一个聪明的学生，但是听不进别人的意见，因此韦伯没有给爱因斯坦推荐书，爱因斯坦没能如愿留校担任助教，只能靠当「家教」维持生活。爱因斯坦改选了阿尔弗雷德·克来纳（Alfred Kleiner）做他的指导教授。很幸运的，爱因斯坦于1901年被瑞士专利局录用为技术员，从事发明专利申请的技术鉴定工作，在专利局的工作很轻松，他利用业余时间从事科学研究，于1905年在物理学三个不同领域中取得了历史性成就，特别是狭义相对论的建立和光量子论的提出，成为了物理学理论的革命。翌年1月15日，凭借论文《分子大小的新测定法》，取得苏黎世大学的博士学位。

爱因斯坦在1905年发表了六篇划时代的论文，分别为：《关于光的产生和转化的一个试探性观点》、《分子大小的新测定方法》、《基于热分子运动论的静止液体中悬浮粒子的运动研究》、《论动体的电动力学》、《物体的惯性同它所含的能量有关吗？》、《布朗运动的一些检视》。

因此这一年被称为“爱因斯坦奇迹年”。100 年后的 2005 年因此被定为“世界物理年”。

- 1905 年 3 月，德国《物理年鉴》发表《关于光的产生和转化的一个试探性观点》认为光是由分离的粒子所组成。爱因斯坦解释光也是由小的能量粒子（光子）组成的，并且量子可以像单个的粒子那样运动。「光子」理论把 1900 年普朗克创立的量子论大大推进一步，揭示了微观世界的基本特征：波动—粒子二元性。
- 1905 年 5 月 11 日，德国《物理年鉴》发表一篇用布朗运动解释微小颗粒随机游走的现象的论文《热的分子运动论所要求的静液体中悬浮粒子的运动》这篇论文是对布朗运动这种平移扩散的开创性研究。
- 1905 年 6 月 30 日，德国《物理年鉴》发表《论动体的电动力学》首次提出了狭义相对论基本原理，论文中提出了两个基本公理：「光速不变」，以及「相对性原理」。
- 1905 年 9 月 27 日，德国《物理年鉴》刊出《物体的惯性同它所含的能量有关吗？》认为「物体的质量可以度量其能量」，随后导出了 $E = m c^2$ 的公式。

1914 年，应马克斯·普朗克和瓦尔特·能斯特的邀请，回德国任威廉皇家物理研究所所长兼柏林洪堡大学教授，直到 1933 年。1920 年应亨德里克·洛伦兹和保罗·埃伦费斯特的邀请，兼任荷兰来顿大学特邀教授。第一次世界大战爆发后，他投入公开和地下的反战活动。1919 年 11 月 10 日《纽约时报》刊登新观察证实相对论的消息，形容这是爱因斯坦理论的大胜利。

1915年爱因斯坦发表了广义相对论。他所作的光线经过太阳引力场要弯曲的预言，于1919年由英国天文学家亚瑟·爱丁顿的日全蚀观测结果所证实。1916年他预言的引力波在1978年也得到了证实。爱因斯坦和相对论在西方成了家喻户晓的名词。1917年爱因斯坦在《论辐射的量子性》一文中提出了受激辐射理论，成为激光的理论基础。爱因斯坦因在光电效应方面的研究，获授予1921年诺贝尔物理学奖。不过在瑞典科学院的公告中并未提及相对论，原因是认为相对论存在争议。

1933年1月纳粹党取得德国政权后，爱因斯坦成为科学界首要的迫害对象，幸而当时他在美国讲学，未遭毒手。3月他回欧洲后避居比利时，9月9日发现有准备行刺他的盖世太保跟踪，于是连夜渡海到英国，10月转到美国担任新建的普林斯顿高等研究院的教授，直至1945年退休。1940年他取得美国国籍。1939年他获悉铀核裂变及其链式反应的发现，在匈牙利物理学家利奥·西拉德推动下，爱因斯坦写信给美国的罗斯福总统，敦促他开始原子弹及核子能方面的研究，这件事也就促成了当时的曼哈顿计划，发展了美国的核子武器。

二次世界大战之后，犹太人建立了以色列国，1952年他们的第一任总统过世了，以色列的总理邀请爱因斯坦出任以色列总统的职位，他深深的被这样荣誉的邀请感动了，但是爱因斯坦婉拒了这项邀请，他的理由是因为多年从事科学方面的研究，并不善于处理人际关系。

1955年4月，爱因斯坦被诊断出患有主动脉瘤，他拒绝了医生的手术建议，他说他已经尽上了他的那一份，他该走了，他也希望很优雅的离开，他于4月18日过世，享年76

岁。为遵照爱因斯坦的遗嘱，他死后并没有举行任何丧礼，也不建坟墓，不立纪念碑，骨灰撒在永远保密的地方，目的是不会令埋葬他的地方成为圣地。爱因斯坦的后半生一直从事寻找统一场论的工作，不过这项工作没有获得成功。

爱因斯坦于 1922 年曾两次途经上海，停留不足 3 天。1920 年代，他应日本邀请，赴日讲学，途经上海，于 1922 年 11 月 13 日抵达上海。1922 年 12 月 27 日，爱因斯坦返回欧洲，31 日上午 11 时再次途经上海，1 月 1 日下午，应上海犹太青年会及学术研究会邀请，在公共租界工部局礼堂，讲演相对论，当时有一些中国学者参加。在他的旅行日记中写到他访问上海的观感，他深深的同情中国人民在当时受到列强压迫下所受的苦难。日军侵华时，爱因斯坦与罗素等人于 1938 年 1 月 5 日在英国发表联合声明，呼吁世界援助中国。

爱因斯坦从小就喜欢音乐。他的母亲会弹钢琴，希望爱因斯坦学习小提琴，爱因斯坦在五岁已经开始学习小提琴，当他 13 岁时，他接触莫扎特的小提琴奏鸣曲，从此就爱上了莫扎特的音乐。音乐在爱因斯坦的生活中扮演了中心的角色。他虽然从未想过成为职业音乐家，但曾和一些专业人士一起在私人场合为朋友演奏过室内乐。他在波恩、苏黎世和柏林时，室内乐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，当他在加州理工学院做研究时，曾去洛杉矶拜访音乐学院，并演奏了莫扎特和贝多芬的作品。

因为宇宙大爆炸论是从爱因斯坦的相对论发展出来的，下一章是介绍相对论的发展。

宇宙大爆炸论的故事与探讨

第三章

爱因斯坦的相对论

质能转换方程式

$$E = mc^2$$

爱因斯坦场方程式

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

宇宙大爆炸论的故事与探讨

爱因斯坦提出了相对论，他是在什么样的物理学背景下提出这个理论的？他的这个理论到底讲些什么？相对论在我们实际生活上有什么应用呢？

相对论的发展

电磁波，又称为电磁辐射。是由同相振荡且互相垂直的电场与磁场在空间中以波的形式传递能量和动量，电磁辐射可按照频率分类，从低频率到高频率，包括有无线电波、微波、红外线、可见光、紫外线、X射线和伽马射线等等。人眼可接收到的电磁辐射，波长大约在 380 至 780 奈米之间，称为可见光。电磁波可以视为热能的一种形式，电磁波是以光的速度传递，光也就是电磁波。

在爱因斯坦的相对论之前，大家都相信时间和空间是分开的，也是绝对的，一秒钟的时间在任何情况下，都是一秒钟，一公尺的距离在任何情况下，都是一公尺。

以太（ether），是古希腊哲学家亚里斯多德所假想的一种物质。因为水波的传播要借助于水，声波的传播要借助于空气，19 世纪的物理学家，认为电磁波（光就是电磁波）的传播也需要传播媒质，而这个媒质就是以太，按照当时的猜想，以太无所不在，没有质量，绝对静止。以太充满整个宇宙，电磁波可在其中传播。

假设太阳静止在以太系中，由于地球在围绕太阳公转，相对于以太具有一个速度 v ，因此如果在地球上测量光速，

在不同的方向上测得的数值应该是不同的，最大为 $c+v$ ，最小为 $c-v$ 。如果太阳在以太系上不是静止的，地球上测量不同方向的光速，也应该有所不同。

在这里要介绍一位物理学家，阿尔伯特·迈克生（Albert Michelson，1852 — 1931 年），犹太裔美国籍物理学家，以测量光速而闻名，在 1883 年他所发表的测量结果，光的速度是每秒钟 299,853 公里，1907 年因为“发明光学干涉仪并使用其进行光谱学和基本度量学研究”得到诺贝尔物理学奖，也是第一位获得诺贝尔物理学奖的美国物理学家。现在的光速定义是 299,792,458 米 / 秒，我们一般称光速是每秒 30 万公里。

1887 年，阿尔伯特·迈克生和爱德华·莫雷为测量地球和以太的相对速度，进行了著名的迈克生 - 莫雷实验。实验结果显示，不同方向上的光速没有差异。这实际上证明了光速不变原理，即真空中光速在任何参照系下具有相同的数值，与参照系的相对速度无关，以太其实并不存在。后来又有许多实验支持了上面的结论。

然而根据马克士威方程组，电磁波的传播不需要一个“绝对静止”的参照系，因为该方程里有两个参数都是无方向的标量，所以在任何参照系里光速都是不变的。

1904 年荷兰物理学家亨德里克·洛伦兹提出了洛伦兹变换和质量与速度关系式，使马克士威方程组从一个惯性系变到另一个惯性系时能够保持不变，为爱因斯坦创立狭义（特殊）的相对论奠定了基础。

昂利·彭加勒是法国的数学家，他在这个时候也发表了跟相对论有关的论文。

爱因斯坦则大胆的抛弃了以太学说，爱因斯坦是在 1905 年提出的《论动体的电动力学》论文中提出狭义（特殊）的相对论，这个理论有两个假设，相对性原理和光速不变原理，它是应用在惯性参考系下的时空理论，从这个理论发展出一些结果：

- 相对于在静止状态的时钟，运动中的时钟会变慢。
- 相对于在静止状态的观测者，在运动中的物件会变短。
- 质量和能量可以互相转变，这个质能转换的公式是：
$$E = m c^2。$$
- 在真空中光运行的速度是一切运动速度的极限。

在狭义相对论提出以前，从日常生活经验上人们认为时间和空间都是各自独立的，并且是绝对的存在，自伽利略时代以来这种绝对时空的观念就开始建立，牛顿创立的牛顿经典力学和经典运动学就是在绝对的时空观基础上创立。而爱因斯坦的相对论在牛顿经典力学、马克士威经典电磁学等的基础上首次提出了“四维时空”的概念，它认为时间和空间各自都不是绝对的，而绝对的是一个它们的整体——时空，爱因斯坦提出狭义相对论的时候，他只有 26 岁。

我们都知道这个小故事，牛顿在苹果树下看书，一颗苹果掉了下来，打到他的头上，让他领悟了万有引力或是重力的原理，爱因斯坦的狭义相对论应用到了牛顿经典力学，

和经典运动学，经典电磁学，接下来爱因斯坦花了 10 年的时间思考如何把相对论应用到重力场。

1915 年爱因斯坦发表了广义相对论（一般性相对论，General Relativity），是用几何语言描述的引力理论，它代表了现代物理学中引力理论研究的最高水平。广义相对论将经典的牛顿万有引力定律包含在狭义相对论的框架中，并在此基础上应用等效原理而建立。在广义相对论中，引力被描述为时空的一种几何属性（曲率）；而这种时空曲率与处于时空中的物质与辐射的能量 - 动量张量直接相联系，其联系方式即是爱因斯坦的引力场方程，从这个理论发展出一些结果：

- 在重力场的影响下时间会变慢。
- 光线在重力场的影响下会弯曲。
- 旋转的质量会影响在他附近的时间空间。
- 爱因斯坦的引力场方程式。

爱因斯坦的广义相对论在天体物理学中有着非常重要的应用。爱因斯坦引力场方程式，这个方程式描述了处于时空中的物质是如何影响其周围的时空几何，并成为了爱因斯坦的广义相对论的核心。

爱因斯坦的引力场方程是一个二阶非线性偏微分方程组，数学上想要求得方程式的解是一件非常困难的事。这个方程式或简称为爱因斯坦场方程式，或爱因斯坦方程式：

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

其中

- $G_{\mu\nu}$ 称为爱因斯坦张量，
- $R_{\mu\nu}$ 是从黎曼张量缩并而成的里奇张量，代表曲率项；
- $g_{\mu\nu}$ 是从 (3+1) 维时空的度量张量；
- $T_{\mu\nu}$ 是能量 - 动量 - 应力张量，
- G 是重力常数，
- c 是真空中光速。

爱因斯坦为了使宇宙能呈现为静态宇宙（不动态变化的宇宙，既不膨胀也不收缩），他后来又尝试加入了一个常数 Λ 相关的项 $\Lambda * g_{\mu\nu}$ 于场方程式中，使得场方程式形式变为：

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

爱因斯坦运用了很多近似方法，从引力场方程得出了很多最初的预言。不过很快天才的天体物理学家卡尔·史瓦西就在 1916 年得到了引力场方程的第一个非平庸精确解——史瓦西度规，这个解是研究星体引力坍缩的最终阶段，即黑洞的理论基础。在同一年，将史瓦西几何扩展到带有电荷的质量的研究工作也开始进行，其最终结果就是雷斯勒-诺斯特朗姆度规，其对应的是带电荷的静态黑洞。

1915年爱因斯坦将广义相对论理论应用于整个宇宙，开创了相对论宇宙学的研究领域。考虑到同时期的宇宙学研究中静态宇宙的学说仍被广为接受，爱因斯坦在他的引力场方程中添加了一个新的常数，这被称作宇宙常数项，以求得和当时的“观测”相符合。然而到了1929年，哈伯等人的观测表明我们的宇宙处在膨胀状态，而相应的膨胀宇宙解早在1922年就已经由亚历山大·弗里德曼从他的弗里德曼方程（同样由爱因斯坦场方程推出）得到，这个膨胀宇宙解不需要任何附加的宇宙常数项。比利时天主教神父罗梅村应用这些解，构造了宇宙大爆炸的最早模型，模型预言宇宙是从一个密度极高，质量极大，体积极小的一个奇点演化来的。爱因斯坦其后承认添加宇宙常数项是他一生中犯下的最大错误。

相对论在生活上的验证

爱因斯坦提出相对论的时候，英国的一个科学家宣称当时全世界只有3个人懂相对论，可见相对论很深奥难懂，但是在实际生活中，我们也很少感觉到相对论的影响，现在处于高科技时代，有些实际的例证是直接和相对论有关系的。

首先要提到的是相对论的质能互换的方程式，在爱因斯坦发表相对论之前，科学家相信物质不变定律，但是相对论告诉我们质量和能量是可以互相转换的，质量转换成能量是十分巨大的，因为这样转换的能量是等于质量乘以光速的平方： $E = mc^2$

在二次世界大战的时候，美国开始了原子弹的研究和制造，1945年在新墨西哥州的沙漠里，第一颗原子弹试爆成功了，证实了从质量转换成能量所释放出来的巨大能量，今天核能发电，以及其它核能的应用已经在我们日常生活经验当中了。

再要提到的就是相对论中关于时间膨胀的问题，时间变快或变慢的经验在我们日常生活当中，实在无法体验，狭义相对论告诉我们当物体运动时，无论运动的方向，从静止的观察者的时钟去测量，运动中的时钟会变慢，在光速运动的物体，像是光子，在时间轴上是静止的，运动速度低于光速的物体，它的时间转换是根据洛伦兹转换公式：

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

在这个公式里， v 是运动物体的速度， c 是光速，光速是每秒钟 30 万公里，现在波音 777 客机，每小时飞 900 公里，每秒钟是 2.5 公里，把这个速度放进洛伦兹转换公式里，这个时间的改变是太小了，无法察觉。

但是在今天的生活里，有一件事情必需用到相对论的时间转换公式，这就是全球卫星定位系统（Global Position System, GPS），全球卫星定位系统是由 24 颗在 2 万公里高空运行的卫星来定位的，因为卫星运行的速度，使它的时间变慢了，但是因为它在 2 万公里的高空运行，因为重力减弱了，根据广义相对论，时间变快了，合并的效果是快了 36 微秒，这个非常微小的时间改变，使得全球定位系

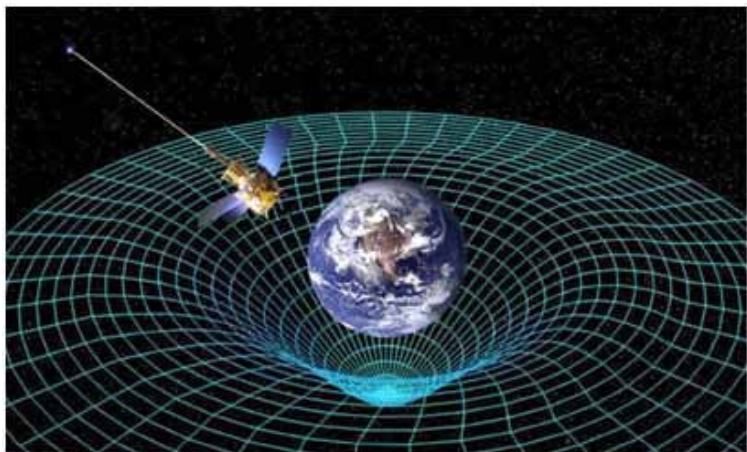
统所计算出来的地球上的位置差了几公里，所以全球定位系统利用相对论的公式校正了它在卫星上的时间，来正确的定位。

相对论在宇宙学上的应用

相对论改变了人们对于绝对时间和绝对空间的想法，原来时间和空间并非绝对的，也非独立的，时间和空间竟然是有弹性的，而且是一个四维的时空结构。

虽然相对论在日常生活上没有太多的应用和影响，但是相对论开启了宇宙科学的研究，过去一百年来，根据广义相对论的场方程式和狭义相对论的质能互换的公式，今天人们对于宇宙有了更大更多的认识。

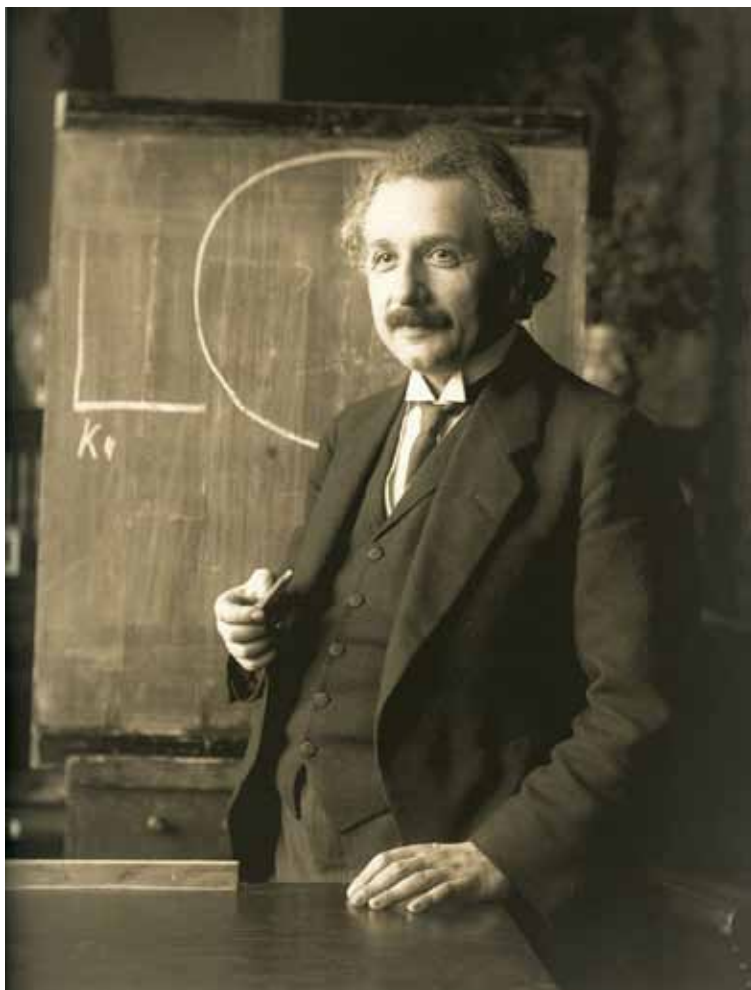
爱因斯坦时代的非基督徒科学家们和一般人相信宇宙是自有永有的，宇宙不是被创造出来的，也不会改变，并且我们所在的银河系就是整个的宇宙。在基督徒和基督徒科学家当中，他们相信宇宙是上帝创造出来的，不过创造出来以后就不再改变了，并且银河系就是整个的宇宙。这一切也是根据当时对宇宙的观察和认知，不过这一切在相对论之后都大大的改变了，爱因斯坦的质能互换方程式和重力场方程式开启了人们对于宇宙的认识，未来几章里笔者将会介绍近代宇宙科学或者说天体物理学的发展。



爱因斯坦的广义相对论预测，地球周围的时间空间被地球的自转扭曲。美国太空总署在 2004 年 4 月 20 日发射的科学探测卫星证实了这个推测。（资料来源 / www.nasa.gov）

诗篇第九十篇，第 4 节，“在你看来，千年如已过的昨日，又如夜间的一更。”

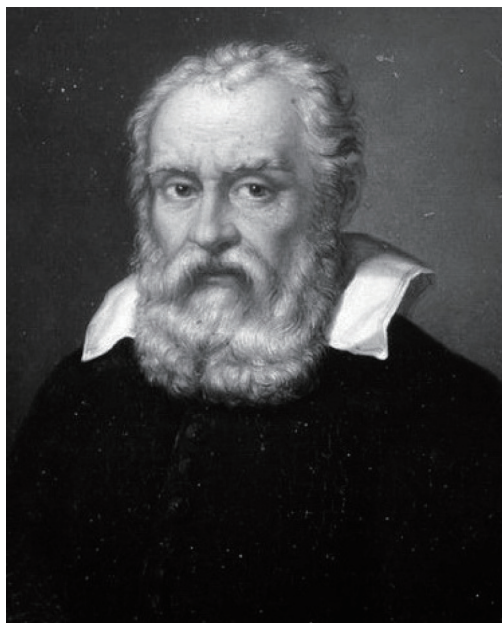
从今天的知识来看这段圣经，让我们知道这并非简单的文学修饰，而是启示了宇宙中的奥密，上帝的时间座标跟我们是不一样的。



1921年 - 正在演讲的爱因斯坦

第四章

物理宇宙学的发展



伽利略·伽利莱

物理宇宙学是物理学和天体物理学的分支，专门研究宇宙的物理起源及其演化。星体的物理性质（光度，密度，温度，化学成分等等），和星体与星体彼此之间的交互作用。由于天体物理学是一门很广泛的学问，天体物理学家通常应用很多不同的学术领域。在本书里，物理宇宙学和天文物理学是看为同样的学问。

在过往，希腊哲学家认为天是一个天球，当中的机械原理，就成为了现时天体力学的内容。在当时，阿里斯塔克斯、亚理斯多德及托勒密曾提出过几个不同的天体学理论，当中以托勒密用来解说天体运作的地心说被广为接受。

我们很容易理解为什么有人会说地球是宇宙的中心，那是因为当人们观察星体在天空中，夜复一夜由东往西运行时，很自然就会假设地球静止不动，居于宇宙的中心，太阳，月亮，行星都围绕它运转。公元前4世纪时，古希腊哲学家柏拉图揣想一个宇宙，地球在这个巨大圆形结构体的中心，每天随着行星和恒星运转。与柏拉图同时代的年轻人尤多克斯改进了柏拉图的双星体宇宙论成为多星体宇宙论，后来又经过亚理斯多德和托勒密的改进，及基督教神学家阿奎那（St. Thomas Aquinas, 1225 – 1274 年）的解释及接受，而成西方世界主流的宇宙观。

地球是宇宙中心的学说持续了两千年之久，1543年，波兰天文学家哥白尼（Nicolas Copernic）出版了《天体运行论》一书，哥白尼改变了地球在宇宙中心的地位，改以太阳为宇宙的中心，地球同其他行星一样，每年围绕太阳运

行一周。1609年意大利的天文学家伽利略成为第一位用望远镜观测天空的人，在他的观测中他进一步证实：所有星球绕地球运转的说法是不正确的，他在1632年的钜着（关于世界两大体系的对话）中表示太阳才是宇宙的中心。

随着牛顿及其于1687年出版的《自然哲学的数学原理》的出现，长久以来有关天体的运动问题终于被解决了。牛顿为开普勒定律的机制提供了物理上的解释，而他的万有引力定律使过往难以解释的各种奇特天文现象，都可以透过行星间的引力相互作用而解释。牛顿的天体学理论与先前的理论在根本上最大的分别，在于哥白尼原则只提出地球在宇宙里没有特殊地位，而牛顿却更进一步的指出：不论是天体和地球，两者皆遵守着相同的物理法则。这一点在宇宙物理学的进展来说是很重要的。

近代宇宙学通常以1915年爱因斯坦发表广义相对论做为分界。爱因斯坦于论文《广义相对论的宇宙学考量》（该论文在第一次世界大战前并未普遍流传到德国之外）中发表广义相对论。广义相对论提供了宇宙物理学的理论基础，许多物理学家诸如，威廉·德西特、卡尔·史瓦西，及亚瑟·爱丁顿等人开始去探究这理论的天文现象，这使天文学者有能力去探究极远处的天体。

但是在二十世纪初期1920年代，在当时的科学界里普遍相信一个恒常不变的宇宙，宇宙是自有永有的，昨天，今天，以及未来都是不变的，也不需要上帝的创造，另一方面在基督徒的信仰中，上帝创造了宇宙以后，这个宇宙是

恒常不变的。在当时的认知中，宇宙就是我们所看见的银河系，虽然德国的哲学家康德预测有岛宇宙的存在，不过在当时也只是一个臆测或假说。

从伽利略的时代起，望远镜不仅不断的变大，也更臻于完善。二十世纪初，天文学家在美国的南加州的威尔逊山上（Mt. Wilson）架设了两座望远镜，1908年的一座直径60英寸（1.5公尺），1922年的那座直径100英寸（2.5公尺），它们改变了人类的世界及宇宙观，1948年，在南加州的帕洛玛山上，又架设了直径五公尺的海尔望远镜，海尔望远镜配有现代化的仪器，可以观测到非常暗的物体。今天，从美国亚利桑那州到太平洋的夏威夷群岛，从中亚高加索到南美智利，大约有十五座直径超过三公尺的望远镜，散见于遥远的群山顶峰上，收集宇宙所捎来的光的信息。

除了天文望远镜之外，光谱仪的发明及改良也成为天文物理的重要工具，就像雨滴把阳光分解成为七色彩虹的原理一样，光谱仪也可以从星体所发的光解析出不同波长的光。经过十九世纪初德国物理学家佛朗赫费（Joseph von Fraunhofer）研究改良后的光谱仪，实在是一个划时代的产物，因为它不仅看清星球和星系的运动，同时也让我们知觉它们的化学成份。

在过去将近一个世纪的研究，相对论已经成为近代物理的基础。天文学家也发现了宇宙当中有无数的银河系，宇宙不是恒常不变的，而是不断的扩张或膨胀的。

比利时的神父和物理学家，乔治罗梅村首先提出了关于

宇宙起源的大爆炸理论，但他本人将其称作“太初原子的假说”。大爆炸是描述宇宙诞生初始条件及其后续演化的宇宙学模型，这一模型得到了当今科学研究和观测最广泛且最精确的支持。

这一模型的框架基于爱因斯坦的广义相对论，并在场方程的求解上作出了一定的简化（例如空间的均匀和各向同性）。根据大爆炸理论，宇宙是在过去有限的时间之前，由一个密度极大且温度极高的奇点膨胀到现在的状态。根据 2010 年所得到的最佳观测结果，这些初始状态大约存在于 133 亿年至 139 亿年前，并经过不断的膨胀到达今天的状态。

天文学家爱德文哈伯的观测表明，所有遥远的星系和星团在视线速度上都在远离我们这一观察点，并且距离越远退行视速度越大。如果当前星系和星团间彼此的距离在不断增大，则说明它们在过去的距离曾经很近。从这一观点物理学家进一步推测：在过去宇宙曾经处于一个极高密度且极高温度的状态。在类似条件下大型粒子加速器上所进行的实验结果，则有力地支持了这一理论。

基督教的圣经对于西方社会有很深远的影响，从圣经衍生出来的神学思想，哲学思想，和科学观，在欧洲社会当中，特别是中古时代，是主流的也是权威性的。欧洲的文艺复兴发生于公元 14 世纪到 17 世纪，宗教改革则发生于 16 世纪，这段时期任何影响到天主教教廷权威的理论或学说，都会造成很大的问题。

哥白尼和伽利略都是敬虔的天主教徒，或者说基督徒，哥白尼很谨慎，一直等到他过世前的1543年，才出版了《天体运行论》。哥白尼的日心说并没有让他受到逼迫，不过在他之后的伽利略则没有这么幸运，因为日心说挑战了当时的主流神学看法和圣经的解释，伽利略在年老的时候被天主教教庭判为异端，被软禁在家，在那个时代里，不但天主教如此看待日心说，就连改革教派的神学家也是如此看待日心说。

从伽利略之后，大约300年，比利时的天主教神父，物理学家罗梅村于1930年代提出了宇宙大爆炸论，这个理论相当程度冲击了当代的思想，虽然受到许多人的质疑，这个理论顺利的发展开来，罗梅村本人也得到很高的荣誉。

❖—— 第五章 ——❖
比利时的神父，物理学家
乔治·罗梅村



乔治·罗梅村

乔治·罗梅村 (George Lemaitre) 于 1927 年提出了宇宙起源于太初的原子，或称为初期的原子 (Primeval Atom) 的理论，后来被称为宇宙大爆炸论之父。乔治罗梅村 1894 年 7 月 14 日出生于比利时的一个小镇 (Charleroi) 他的父母亲都是虔诚的天主教徒。他的父亲是学法律的，但是开了一家玻璃工厂，后来因为工厂失火受到很大的损失，他借了钱来资遣这些失业的工人，因为他这样的善行，布鲁赛尔的一个机构就请他去担任法律顾问，解决了他中年失业的困难。

罗梅村在小时候就表现出对于数学上的灵巧和机敏，他同时也对神学很感兴趣。当他九岁时，他对父母亲说他将来要做天主教的神父，他的父母亲对孩子的想法既不鼓励也不反对。罗梅村十岁的时候进入了耶稣会所办的高中读书，在这六年教育里，他在数学，物理，和化学的成绩十分优异。高中毕业后，他进入了 Saint Michel 学院准备进入鲁汶大学 (Louvain University) 的工程学院，在这一个学习的时期当中，罗梅村受到一位老师在学业上和思想上很大的启发。P. Ernest Verreux 神父成为罗梅村的良师益友，他不但是一个称职的神父，也是一个非常好的科学家，这位神父特别告诫罗梅村要把科学和神学边界要划分的很清楚，在处理科学和信仰的事情上要保持中立，不可存有偏见。这个教导，罗梅村一生都记在心里。在这段求学过程中，他对于圣经的创世记特别感兴趣。

到了 1911 年，罗梅村要进入大学读书，为了家庭经济上的考量，他选择了矿业工程，但是第一次世界大战，改变了他的职业和人生。1914 年的 8 月，罗梅村和他的弟弟一

同奉召入伍，参加比利时的军队和入侵的德国人作战。四年的军旅生活和在实际战争的经历里，他看到了战争的凶残和疯狂。

战争结束后，罗梅村回到比利时的鲁汶大学读书，这时候他放弃了工程科系，改读数学和物理，在1920年，他得到博士学位，同时也得到神学的学士学位，在同年的10月罗梅村决定了他未来的职业，他选择进入神学院准备做一名天主教的神职人员。他所就读的神学院是 House of St. Rombaut。这间神学院和当时的主流神学院有些不同之处，神学院的院长和教授都鼓励罗梅村多一点学习和了解爱因斯坦的相对论，在这样的氛围下，罗梅村一面读神学准备担任神职人员，一面又进深研究相对论，爱因斯坦是在1905年提出狭义（特殊）的相对论，广义（一般性）的相对论是于1915年发表的，在那个年代相对论还是一门很新的理论。从相对论所发展出来的应用和研究刚开始，罗梅村很幸运的在这个天文物理的发现的大时代里走进了相对论的研究领域。在1922年他写了一篇论文题目是爱因斯坦的物理学，他用这一篇论文申请到了比利时的国家奖学金到国外做博士后研究。1923年罗梅村正式的被按立为天主教神父，同年12月到英国的剑桥大学做研究。

在英国剑桥大学的研究

到了剑桥大学，爱丁顿爵士接纳了罗梅村作他的研究生，在他所主持的天文台做宇宙天文学方面的研究。亚瑟·斯坦利·爱丁顿爵士，（Sir Arthur Stanley Eddington，1882—1944年），是非常杰出的英国天体物理学家、物理学家、和数学家。他的研究工作对于恒星的运动，内部的结构，和进化，有非常大的贡献。

爱丁顿从理论上研究恒星内部的结构，提出恒星由向内的重力和向外的光辐射压力维持平衡，内部是高温的离子化状态的气体，相当于理想气体。经过他的数学模型计算，他解释了造父变星的变化周期理论。

爱丁顿出生于英格兰肯达尔一个基督教贵格会家庭，祖上好几代都是贵格会的会友，父亲是一个中学校长，于1884年过世，爱丁顿在他父亲过世的时候年仅两岁，他的母亲独力承担抚养他们姐弟的责任。爱丁顿幼年是在家中随母亲学习。1893年进入布里麦伦学校，他显示出在数学和英国文学方面的天才。1898年获得奖学金，年仅16岁得以进入曼彻斯特欧文斯学院（后改组为今日的曼彻斯特大学）学习物理学，爱丁顿在中学和大学期间都很幸运，遇到非常好的老师，1902年以优异成绩获得科学学士学位。因为突出的成绩，获得剑桥大学三一学院的奖学金，1905年获三一学院硕士学位，进入卡文迪许实验室研究热辐射。1905年他到格林威治天文台工作，分析小行星爱神星的视差，他发现了一种基于背景两颗星星的位移进行统计的方法，因此于1907年获得史密斯奖。这个奖项使他获得剑桥大学的研究员资格。1912年达尔文的儿子，剑桥大学的终身教授去世，爱丁顿被推荐接替他的职位。1913年初，爱丁顿被任命为剑桥大学天文学和实验物理学终身教授。1914年被任命为剑桥大学天文台台长，不久就被选为英国皇家学会会员。他在逝世前，1938年担任了国际天文学联合会主席，直到去世。

第一次世界大战期间，他被要求服兵役，但由于他信仰基督教贵格会，同时又是一个和平主义者，他拒绝服兵役，他的同事以他在科学研究方面的重要作用为由，成功地要求政府免除了他的兵役。爱丁顿是第一个用英语宣讲相对

论的科学家，在第一次世界大战期间，英国人并不太清楚德国的科学进展，爱丁顿在 1919 年写了“重力的相对理论报导”，第一次向英语世界介绍了爱因斯坦的广义相对论理论。一战过后，爱丁顿率领一个观测队到西非普林西比岛观测 1919 年 5 月 29 日的日全蚀，拍摄日全蚀时太阳附近的星星位置，根据广义相对论理论，太阳的重力会使光线弯曲，太阳附近的星星视位置会变化。爱丁顿的观测证实了爱因斯坦的理论，立即被全世界的媒体报道。1923 年他出版了《相对论的数学理论》，爱因斯坦认为这本书是：“在所有语言中是表达这个主题最好的版本”。

由于罗梅村和爱丁顿有着相似的基督教背景，以及非常优秀的数理上的才能，和一个很愿意学习的态度，这位老师对学生是十分欣赏的。同样的是，这位学生对于老师也是非常的钦佩，特别是老师对于物理理论和天文学的平衡。这位老师也鼓励学生能运用观测到的资料去建立自己的理论，罗梅村在剑桥大学这一年的研究和学习主要是集中在爱因斯坦的普通相对论的应用。

在一年的研究和学习结束后，学生和老师建立了很好的关系，在未来的岁月里，爱丁顿一直是罗梅村的良师和益友。

在美国哈佛大学的研究

因为罗梅村的研究工作让爱丁顿很满意，这位老师给了学生很好的推荐书，于是在英国的剑桥做满了一年的研究，罗梅村又去了美国的剑桥。1924 到 1925 年间，他到了哈佛大学，跟随哈佛大学的夏普利教授做博士后研究。

哈罗·夏普利 (Harlow Shapley, 1885 – 1972 年), 美国天文学家, 美国科学院院士。1914-1921 年在威尔逊山天文台做天文学的研究, 1921-1952 年担任哈佛大学天文台台长; 1943-1946 年担任美国天文学会会长。另外值得一提的是, 他的儿子罗埃德·夏普利是洛山矶加州大学 (UCLA) 的教授, 并且是 2012 年诺贝尔经济学奖得主。

他主要从事球状星团 (Globular Cluster) 和造父变星 (Cepheid Variables) 研究。球状星团是通常由数十万颗的恒星组成的恒星集团, 在轨道上绕着星系核心运行, 很像卫星。球状星团因为被重力紧紧束缚, 使得恒星高度的向中心集中, 因此外观呈球形, 本书第 126 页有一张球状星团的照片。变星 (Variable Star) 是指亮度与电磁辐射不稳定的, 经常变化并且伴随着其他物理变化的恒星。多数恒星在亮度上几乎都是固定的, 然而有许多恒星的亮度确有显著的变化, 这就是我们所说的变星。造父变星是一种非常明亮的变星, 其变光的光度和脉动周期有着非常强的直接关联性。造父变星是建立银河系和外星系距离标尺的可靠且重要的标准烛光, 在下一章会介绍科学家如何利用变星去量度星星间的距离。

夏普利研究球状星团的分布, 发现它们位在银河系的周围, 构成银河系外部结构的主体, 更令夏普利惊讶的是, 银河系的中心的位置和太阳位置不相符, 太阳是位于人马座的方位上, 距中心约 30,000 光年的地方。我们这才知道, 太阳不在银河系的中心, 而是位于偏远地带, 从边缘往中心算起三分之一的地方。

在 1924 年的夏季, 罗梅村到了哈佛大学, 在夏普利的建议下, 他开始研究变星的理论及它的观测, 在哈佛大学,

他也去上课，学习实验光谱学，光谱干扰的问题。

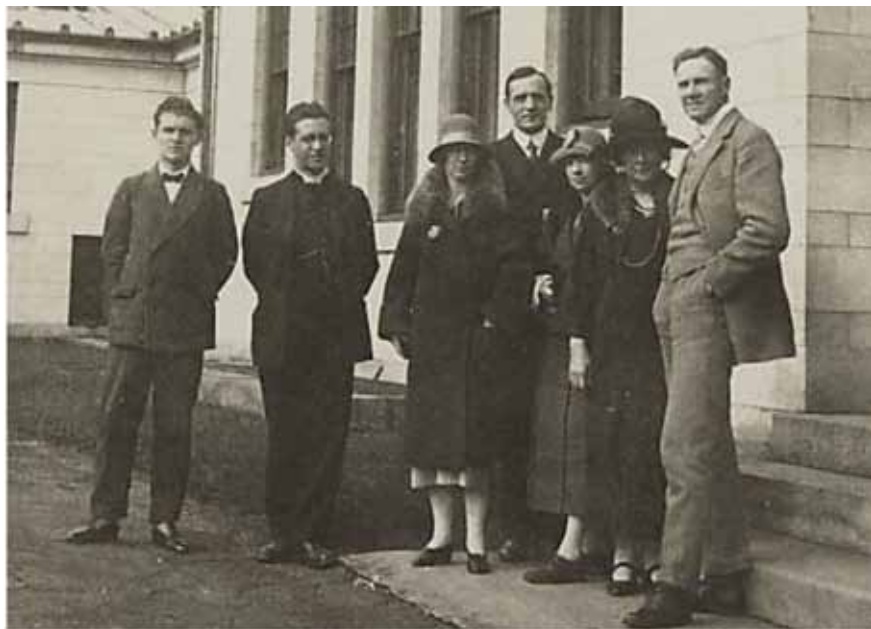
当罗梅村跟夏普利在哈佛大学做研究时，天文学家发现大多数的星云都有红移的现象，代表了这些星云都在远离太阳系。除了研究变星，实验光谱学，和红移现象，罗梅村还保持了对数学的极大兴趣，就在这一年，他也申请进入了麻省理工学院的数学博士班。

在 1924 年，爱德文·哈伯（Edwin Hubble，1889 年—1953 年）利用仙女座大星系中的经典造父变星作为标尺来计算它的距离，这个距离显示出仙女座星系远超过银河系的范围，它不是银河系内的成员。这解决了岛宇宙辩论所涉及的宇宙和星系是否是同义字的问题，或者银河系只是组成宇宙的众多星系中的一个。1925 年初，哈伯在华盛顿 DC 的学术会议上发表了发现，罗梅村特地赶到华盛顿去听这个科学论文的发表。哈伯的发现带给罗梅村很重大的意义，除了仙女星座，是不是还有很多的星系也在银河系之外？罗梅村没有闲着，1925 年夏季，他去加州访问了哈伯，也去了亚历桑那州访问了斯利弗。

维斯托·斯利弗（Vesto Melvin Slipher，1875—1969 年）是一位美国天文学家。斯利弗生于美国印第安那州，并在 1909 年于印第安纳大学完成博士学位。毕业之后他加入了亚利桑那州旗杆市（Flagstaff）的罗威尔天文台，他毕生职业生涯都在罗威尔天文台度过，1926 年担任台长直到 1952 年退休。他使用光谱判定行星的自转周期和大气层的成分。1912 年他首次在星系的谱线中发现了红移。1929 年在地球大气层的中气层中发现了钠层。他在 1930 年发现了冥王星。

罗梅村在美国的这一年多的研究和访问，收集了许多有关于红移的资料，在 1926 年回到比利时鲁汶大学时，他把这些资料和他这两年的学习发表了关于宇宙的动态和扩张的论文。

下页是一张照片记录了罗梅村于 1925 年在加州威尔逊天文台访问了哈伯，这个照片是Huntington Library所提供的。



1925 年罗梅村在加州威尔逊山天文台访问了哈伯，左边第二人是罗梅村，哈伯站在中间，站在哈伯旁边的是他的妻子 Grace

第六章

二十世纪初期的 天文学研究和发现



乔治·海尔

在1750年左右，天文学家已经观测到了星云（Nebulae），当时的天文学家相信我们所在的银河系就是整个的宇宙，因此这些星云应当在银河系内，他们相信星云是由小星体及星尘组成。但是在当时德国的哲学家康德相信这些星云应该是类似于银河系的星系，或者称为岛宇宙，他的理论并没有任何观测的证据，只是他的推测，其中还有神学上的思考，康德认为上帝的创造应当不限于银河系，20世纪初期，天文学的研究和发现有非常大的进步，宇宙的奥秘逐渐被发现了，在这一章里，要逐一的介绍这些发现和发展的过程。

乔治·海尔 - 加州威尔逊山天文观测站

乔治·海尔（George Hale，1868 - 1938年）出生于芝加哥一个非常富有的家庭，他毕业于麻省理工学院，并且到欧洲留学。他在年幼时就对望远镜非常有兴趣，他希望能建造大的天文望远镜，他在芝加哥附近建造了一个40英寸口径的大望远镜，但是他并不满意，他得到卡内基基金会的资助，在加州的威尔逊山上又建造了一个60英寸（1.5公尺）的望远镜，这个望远镜于1908年建成，但是海尔还不满意，他于1922年又建了一座直径100英寸（2.5公尺）的望远镜。这个望远镜十分敏锐，可以在15000公里以外看到一个蜡烛。这个天文台的两座望远镜在当时可以说是全世界最大最先进的。

加州威尔逊山天文观测站的主任和创始人乔治·海尔除了建造了最先进的望远镜，海尔也聘用了两位了不起的天文学家在威尔逊天文台做研究，哈罗·夏普利于1914年-1921年在威尔逊山天文台做天文学的研究，爱德文·哈伯于1919年，受到海尔的聘用，成为其终身职位。

变星 - 星星距离的测量

近代天文学家开始积极的测量星星的距离，天文学家为了探讨宇宙的距离及形状，花费了极大的心血，太阳距离我们有 8 光分之遥，也就是说，太阳只要 8 分钟就可照射到地球，太阳系的距离以光时计算，而恒星之间的距离以光年计算。光的速度，是一秒钟 30 万公里。要对一个天体进行真正「直接」的距离测量，只有在天体与地球之间够近的情况下才能做到。测量距离更遥远天体距离的技术是奠基在各种已经用近距离天体测量法校正过其相关性的方法。这几种方法依赖标准烛光，这是一些光度已知的天体。应用阶梯的类比的方法来测量距离，是因为没有一种方法或技术可以测量天文学的范围所遇到的所有距离尺度。相反的，一种方法可以用来测量近距离天体的距离，另一种方法可以测量邻近的中等距离天体，依此类推。每个阶梯的梯级提供的资讯，可以用来确定更高的下一个阶梯的梯级。

多数恒星在亮度上几乎都是固定的。以我们的太阳来说，太阳亮度几乎是不改变的。然而有许多恒星的亮度确有显著的变化。这就是我们所说的变星。变星可以大致分成以下两种形态，亮度变化源自于恒星本身，比如说恒星体积周期性膨胀收缩造成光度变化；由于两星彼此互绕，周期性的相互遮掩，造成观察时亮度变化。大约在公元 1600 年前后，第一次发现某些恒星光度会改变，我们银河系中所发现的变星数目已经接近 40,000 颗，在其他星系中的也有 10,000 颗，甚至超过 10,000 颗被“怀疑”是变星。

变星中最重要的是造父 δ 型变星，通常就直接称为造父型变星，属于黄色的巨星，并且有非常规律的变光周期。这类变星的变光周期从几天到数周不等，是最早被发现的变星类型，因仙王座 δ 星，中文名称为造父一，属于此类而得名。这型变星的重要性在于可以作为距离测量的标准烛光。它们的光度与变光周期有密切的关联，而且只受到恒星中金属含量多寡的影响。通常，脉动周期越长的，光度就越明亮，而只要周期和光度关系被校正好，测出了造父变星的变光周期，距离就可以经由视星等的观察轻易的换算出来。在本地群的星系之间，测量造父变星的视星等和变光周期，是测量距离的重要依据。天空中明亮的北极星，虽然是比较奇特的一颗，也是造父型变星。

经典造父变星的光度与周期的关联性是哈佛大学的亨丽爱塔·勒维特 (Henrietta Leavitt, 1868-1921 年) 于 1908 年调查了麦哲伦星云内成千上万颗的变星所发现的，她在 1912 年以 25 颗造父变星与更进一步证据一起发表。

亨丽爱塔·勒维特的父亲是美国国会的牧师，她于哈佛大学毕业，参加了哈佛天文台的研究工作，因为基督教信仰的原故，在传记中记载了她是一个非常亲切的女天文学家，她工作十分认真，每天核对和检查上千个变星的光度和周期，她发现了光度和周期相关的公式，如果两个变星的周期相同，但是亮度差 9 倍，因为光度跟距离的平方成反比，这两个变星跟地球的距离是差 3 倍，但是真正的距离还是不知道。不过亨丽爱塔·勒维特的发现已经为星距的测量做出了巨大的贡献。

在 1913 年，丹麦天文学家 Ejnar Hertzsprung 对造父变星做了些研究，利用视差法测定了银河系中距离较近的几颗造父变星，标订了距离尺度。在 1915 年，美国天文学家夏普利教授成功的解决了造父变星零点标定的问题，并使用造父变星订出我们银河系最初的大小和形状，以及太阳在期间的位置。因着这些天文学者的费心研究，从此星星的距离和宇宙形状可以量度了。

多普勒效应及星云的红移现象

物理学家多普勒发现一种物理现象称为多普勒效应，一个简单解释，就是远方急驶过来的火车鸣笛声变得尖细，即频率变高，波长变短，而离我们而去的火车鸣笛声会变得低沉，即频率变低，波长变长，因为声音和光线都有波的性质，天文学家也应用了多普勒效应，在天文的观测上。

天文学家在研究星云的光谱，发现多数的光谱移动到红色光的一端（波长变长），然后逐渐变为不可见光，这个现象代表了这些星云是逐渐的远离了太阳系，也有少数的星云是渐渐的变为蓝光（波长变短），代表它是向太阳系移动。

天文学家维斯托·斯利弗在亚利桑那州的罗维尔天文台（Lowell Observatory, Flagstaff, Arizona）工作，在 1912 年他发现了银河星系的红移现象，另外詹姆士·爱德华·凯勒（James Edward Keeler）（任职于利克天文台和阿利根尼天文台），和威廉·华莱士·坎贝尔（William Wallace Campbell）（利克天文台）也同时发现和测量了红移现象。

大辩论

美国国家科学院于 1920 年安排了一场关于宇宙的大辩论会，这场辩论会主要是讨论当时所观测到的星云，是单独的岛宇宙呢？还是在我们银河系中的一部份。参加大辩论的两派科学家的代表是希伯·科迪斯（Heber Doust Curtis, 1872 – 1942 年）和哈罗·夏普利。这场辩论是 1920 年 4 月 26 日，于华盛顿美国国家科学院史密森尼学会的自然史博物馆举行。两位科学家在当天先各自提出有关宇宙大小的技术性论文，然后参加在黄昏进行的综合讨论。夏普利和科迪斯两位于大辩论中提出的技术性论文刊印在 1921 年 5 月发行的美国国家科学院期刊上，发表的论文中也包含参与了 1920 年会议的科学家们对星云所在位置表达的意见。

夏普利做为银河系就是整个宇宙议题的代表，他认为像仙女座星云和螺旋星云是小天体，并且只是银河系的一部份。他引用相对大小的主张：如果仙女座星云不是银河系的一部分，则它的距离一定是 108 光年的数量级，这是当时大多数天文学家都不能接受的距离尺度。

站在另一边的科迪斯认为仙女座星云和其它这一类的星云都是独立的星系或岛宇宙。他认为出现在仙女座星云中的新星比银河系还要多，从这个事例中他问到：为何在这个小范围的部分区域中，新星会比银河系其它的部分更多。由此，他推论仙女座星云是一个独立的星系。

很显然的，宇宙的大小不能靠辩论来决定的，这是要靠证据的，不过大辩论吸引了科学家和大众对这个题目的关注，在大辩论那天，爱因斯坦也是台下的听众。

天文学家 - 爱德文·哈伯

爱德文·哈伯（1889 - 1953）出生于密苏里州，1898年移居到伊利诺州。他在少年时代擅长运动，曾在跳高项目刷新州际纪录。他曾在芝加哥大学修读数学及天文学，1910年取得理学士学位，他的父亲对他的要求十分严格，哈伯一直对天文学感到兴趣，不过他的父亲一定要他学习法律，及后于英国牛津大学修读法律硕士学位，亦是首批罗德学者之一。在英国牛津大学的学习和生活，改变了哈伯的人生态度，他成为一个格外保守，庄重，和追求卓越的人，他在英国也学会了吸烟斗，成为他的标志。1913年，由于父亲过世他回到美国，并在印第安纳州一中学担任教师及篮球教练。在经过了一年的教学生涯后，他决定从事天文学的研究，根据哈伯传记中记载，哈伯说他放弃了牛津大学的法律学位，从事天文学的研究是因为他有使命感，就好像担任牧师一样，是有特殊的呼召的，他回到芝加哥大学攻读博士学位，于叶凯士天文台研究天文，1917年毕业获得博士学位。



第一次世界大战后，他应征入伍，并且担任了少校军官的职位。战争结束后的1919年，哈伯受到加州威尔逊山天文观测站的主任和创始人乔治·海尔（George Hale）的聘

用，成为其终身职位。这个天文台是卡内基基金会所资助的。这个天文台有两座在当时是全世界最大最先进的望远镜，1908年的一座直径60英寸（1.5公尺），1922年的那座直径100英寸（2.5公尺）。

在前一章里提到了哈罗·夏普利，他于1914年-1921年也在威尔逊山天文台做天文学的研究，哈伯加入天文台工作时，夏普利已经成名了，他是哈伯的上司，也是工作上的竞争者，两个人的个性不一样，看法也不一样，哈伯在一战中是少校，夏普利是反战的，哈伯认为仙女座星云不在银河系之内，夏普利认为我们的宇宙就只有银河系这么大，在大辩论之后，夏普利晋升为哈佛大学天文台台长，他出任哈佛大学天文台的台长从1921年一直到1952年。对夏普利来说，到哈佛大学去工作是事业上的成就，但是失去了使用最先进的望远镜做研究，他把发现的机会让给了哈伯。

岛宇宙的发现

从南加州的帕萨迪纳到威尔逊山天文台，开车要走一个多小时的山路，冬天山上是下雪的，哈伯值班时，从帕萨迪纳开车上山，一住就是好几天，他的工作十分认真和严谨，无数的夜晚中，他吸着烟斗，在黑暗的天文台上观看星星，并且为星星照像，白天这些照片又要做检查和对比。哈伯在天文台4年辛苦努力的工作之后，在1923年的10月终于有了收获，哈伯在仙女座星云中，找到了一颗造父变星，他的周期是31.4天，换算成亮度，是太阳的7000倍，哈伯利用和夏普利所发展出来的星距计算，这颗星星距离地球有900,000光年，而银河系的大小也只有100,000光年左右，所以仙女星云是远远在银河系之外的，如此哈伯发现

了岛宇宙的存在，不过哈伯很谨慎，并没有公开他的发现，他继续努力，在仙女座星云中又发现了第二颗变星，到了1924年初，哈伯打破了他的沈默，他写了一封信给夏普利，报告了他的发现，夏普利收到哈伯的信之后说了一句话，他说“这封信破坏了我的宇宙”。

哈伯的这个发现受到当时很多知名的天文学者的反对，特别是哈佛大学的夏普利，不顾这些反对，当时才35岁的哈伯把他的发现发表在时报杂志上，然后又在1925年1月的美国天文学会上发表，在上一章里提到了罗梅村当时在哈佛作研究而特别参加了这个论文发表会。因为哈伯有足够的证据，除了仙女星座以外，在其他的星云中也找到同样的证据，他的发现被天文学界所接受，无数的奖章和荣誉接踵而来，有文章称哈伯是泰坦天文学家（Titan Astronomer）。由于哈伯的发现，我们知道我们所在的银河系只是宇宙中无数的银河系之一。

在1924年初，哈伯同葛蕾丝·伯克结婚，她出身于一个非常富有的家庭，结婚后哈伯夫妇非常喜欢社交生活，他们跟好莱坞明星们时相往来，他们经常到好莱坞去参加宴会，哈伯也邀请好莱坞明星们到天文台来看星星。虽然如此，哈伯并没有忘记他的工作，他要站在哥白尼和伽利略这些伟人的肩膀上，成为更伟大的天文学家。

宇宙扩张的发现

在前面提到了多普勒效应及星云的红移现象，斯利佛在1919年观测了25个星云，发现大多数的星云逐渐远离我们所在的太阳系，在此后的10年里，斯利佛又观了20多

个星云，结果同样显示多数星云远离我们而去，只有极少数星云向着太阳系移动，哈伯在发现了所谓的星云，多数是独立的银河系或者说是岛宇宙之后，他决定专心研究红移现象。

1924年起，他在威尔逊山天文台利用口径2.5公尺的胡克望远镜费心建造了一系列天文距离指示仪，这是宇宙距离尺度的前身。这些仪器使他能够通过观测星系的红移量来推测星系与地球之间的距离。

他在1929年发现，星系远离地球的速度同它们与地球之间的距离刚好成正比，哈伯和Milton L. Humason结合由造父变星测量出距离的几个星系，和维士都·斯利佛测量的星系退行速度，制定了一个计算星系移动速率和距离的公式。1929年，哈伯发表了他那篇有名的论文“A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae。”在这篇论文中，哈伯提出了哈伯定律。

哈伯定律(Hubble's law)表明，来自遥远星系光线的红移与它们的距离成正比。这条定律是因证实者哈伯而命名。它被认为是空间尺度扩展(metric expansion of space)的第一个观察依据，和今天经常被援引作为支持大爆炸的一个重要证据。

在宇宙学研究中，哈伯定律成为宇宙膨胀理论的基础，以方程式表示：

$$V = H_0 D$$

其中，

V 是由红移现象测得的星系远离速率，

H_0 是哈伯常数，

D 是星系与观察者之间的距离。

2013 年，从普朗克卫星观测获得的数据，哈伯常数为 67.80 ± 0.77 千米每秒每百万秒差距 ($67.80 \pm 0.77 \text{ km/s/Mpc}$)。

哈伯对天文学的贡献是十分伟大的，他不但发现宇宙当中有无数的银河系，并且发现宇宙是在动态的扩张出去，牛津大学的天文学教授，称颂哈伯的发现有着深远的影响，哈伯是非常幸运的。不过哈伯对于天文宇宙的研究着重于实际观测，对于理论物理兴趣不高。

哈伯成名之后，对于没有得到诺贝尔奖，觉得很遗憾，他很努力的游说诺贝尔奖的委员会，但是因为天文学并不在诺贝尔奖的范围内，所以哈伯始终无法获奖，但是哈伯的努力没有白费，在哈伯之后，诺贝尔奖委员会决定颁奖给有成就的天文物理学者。

1953 年 9 月 28 日，哈伯于加州圣玛利诺因脑血栓逝世，享年 64 岁。哈伯家人并未举行任何丧礼，其妻子葛蕾丝·哈伯也未向大众公开哈伯的死讯。哈伯建立了超银河系的天文学而被认为是 20 世纪最重要的观测天文学家。为纪念哈伯的贡献，小行星 2069、月球上的哈伯环形山以及哈伯太空望远镜均以他的名字来命名。

罗梅村关于宇宙扩张的研究

罗梅村是学物理和数学的，1925年他在美国哈佛大学作博士后研究，他也访问了亚利桑那州的罗维尔天文台的斯利佛，还有加州威尔逊山天文观测站的哈伯，他也取得了天文观测的红移资料。在1925年，罗梅村写了一篇论文，讨论了德西特的宇宙模型，他认为德西特在选择座标系统时有失误，因此他所推算出的宇宙应当是动态的，总结来说，罗梅村认为德西特的宇宙模型，应该是宇宙扩张模型中的一个特殊的情况。罗梅村的这篇论文，也是他在麻省理工学院博士论文的一部份。不过这篇论文在学术界没有引起多大的注意。

在1925年发表了论文后，罗梅村回到了比利时的鲁汶大学担任教授，在1925到1927的两年里，他把在英国和美国所学习的心得和从美国所得到天文学资料整理了出来，在1927年他发表一篇论文，在论文里，他提出来根据在物理定律的普适性，以及在大尺度上宇宙是均匀且各向同性的前提下，根据相对论，宇宙应当是扩张的，他并且也根据天文资料推算出空间尺度扩展的规律，星系光线的红移与它们的距离成正比。罗梅村提出了和哈伯定律同样的公式，他提出这个公式的时间比哈伯早了两年。

罗梅村的这篇论文所提出的观点是创新的，他这篇论文是发表在比利时的一个科学杂志上的，为何会如此，历史学家猜测可能是可以比较快一点刊登出来，知名的科学杂志通常须要较长的审核时间，另外的原因可能是出于他的谨慎性格。论文发表之后，他寄了一份给他的英国指导教

授爱丁顿。在罗梅村 1927 年的论文中，他所推算的常数是 625km/sec ，而哈伯所推算的常数是 500km/sec ，其实相差不大。无论如何这个定律称为哈伯定律，其实应该是罗梅村定律，后来国际天文学会曾经讨论过这个命名的问题，不过最后还是没有更改。

关于宇宙中有诸多的星系，以及宇宙持续的扩张，圣经有些启示，圣经以赛亚书成书于公元前 700 年前后，以下经文十分的惊人，也十分的奇妙。以赛亚书，第四十章，第 22 节，“神坐在地球大圈之上，地上的居民好像蝗虫，他铺张穹苍如幔子，展开诸天如可住的帐棚。



加州威尔逊山天文观测站



哈伯观察到宇宙有无数的星系，并且宇宙是动态的扩张开来

❖—— 第七章 ——❖

宇宙大爆炸论的发展

“宇宙中最让人不能理解的事情，就是我们可以去理解这个宇宙。”

爱因斯坦

爱因斯坦的广义相对论开启了一个十分丰富的研究领域，爱因斯坦场方程是非线性的偏微分方程组，因此想要求得其精确解十分困难。因为爱因斯坦场方程是描述宇宙重力场的几何关系，因此利用适当的假设和边界条件来求得这个方程的精确解，就可以推算出一些宇宙的模式，或是宇宙中的一些特殊的物理现象。这个场方程的解，我们称为度规。

尽管场方程很复杂，仍有相当数量的精确解被求得，但只有一些具有物理上的直接应用，在第二章时就提到了天体物理学家卡尔·史瓦西就在 1916 年得到了引力场方程的第一个非平庸精确解——史瓦西度规，这个解是研究星体引力坍缩的最终阶段，即黑洞的理论基础。基本上，史瓦西利用爱因斯坦场方程所计算出来的宇宙现象是收缩的，可惜卡尔·史瓦西于 1916 年因病过世了。

黑洞

黑洞 (Black hole) 是根据广义相对论所预言、在宇宙空间中存在的一种质量相当大的天体和星体（并非一个「洞」）。黑洞是由质量足够大的恒星在核聚变反应的燃料耗尽后，发生引力坍缩，整个星球会不断地缩小，最终形成「黑洞」，黑洞的质量是如此之大，它产生的引力场是如此之大，以致于任何物质和辐射都无法逃逸，就连传播速度最快的光（电磁波）也逃逸不出来。由于类似热力学上完全不反射光线的黑体，故名黑洞。

黑洞是天文物理史上，最引人注目的题材之一，在科幻小说、电影甚至报章媒体经常可见将黑洞作为素材。迄今为止，黑洞的存在已被天文学界和物理学界的绝大多数研究者所认同，天文界并不时提出于宇宙中观测发现到已存在的黑洞。

黑洞无法直接观测，但可以借由间接方式得知其存在与质量，并且观测到它对其他事物的影响。借由物体被吸入之前的因高热而放出紫外线和 X 射线的「边缘讯息」，可以获取黑洞的存在讯息。推测出黑洞的存在也可借由间接观测恒星或星际云气团绕行黑洞轨迹，来取得位置以及质量，俄国的数学家亚历山大·弗里德曼于 1922 年发现了广义相对论场方程式的一个重要的解，即弗里德曼-勒梅特-罗伯逊-沃尔克度规，1924 年他在发表的论文阐述了膨胀宇宙的思想，不过这位科学家于 1925 年过世了，没有继续这方面的研究。

威廉·德西特是一位荷兰的数学家、物理学家和天文学家，在 1917 年，当爱因斯坦发表了她的广义相对论时，他就推算出了一个解答，他所模拟出来的宇宙是一个平坦的宇宙，但是没有任何的物质，在他所用的计算中，他假设了宇宙常数。德西特所推算出的宇宙非常困扰爱因斯坦，因为广义相对论就是为了处理重力场里的质量，动量，时间，空间的几何关系，如果宇宙是空的，相对论又有何意义。爱因斯坦有好长的时间和德西特讨论这个问题。在当时这几位大科学家都不能明白自己所推算出来的宇宙有任何物理的意义，直到最近大爆炸论有比较完整的发展，科学家们才了解德西特的解答是发生在宇宙大爆炸的极初期。

在爱因斯坦的心里，他认为宇宙应该是有限度的，球形的，并且是静态的。这是符合于当时代对于宇宙的观察和认知，一个动态的宇宙太过于复杂，引伸出来的问题太多，太难解释。

前一章提到了罗梅村在英国和美国的研究工作完成后，罗梅村回到了比利时的鲁汶大学担任教授，在 1925 到 1927 的两年里，他把在英国和美国所学习的心得和从美国所得

到天文学资料整理了出来，在 1927 年他发表一篇论文，在论文里，他提出来根据在物理定律的普适性，以及在大尺度上宇宙是均匀且各向同性（物理性质不受方向的影响）的前提下，根据相对论，宇宙应当是持续扩张的，他并且也根据天文资料推算出空间尺度扩展的规律，星系光线的红移与它们的距离成正比。

罗梅村的这篇论文所提出的观点是创新的，他这篇论文是发表在比利时的一个科学杂志上的，他寄了一份给他的英国指导教授爱丁顿。罗梅村当时只是一个借借无名的物理学家，他的论文并没有引起注意，甚至他的指导教授爱丁顿也忽视了。

刚巧 1927 年的索尔维国际物理学化学研究会在比利时的布鲁塞尔举行，在大会期间，罗梅村见到了爱因斯坦，以下对于索尔维国际学会做一个简单的介绍。

1927 年索尔维国际物理学化学研究会 (1927 Solvay Conference)

索尔维国际物理学化学研究会是由比利时企业家欧内斯特·索尔维于 1912 年在布鲁塞尔创办的一个学会。此前一年他通过邀请方式举办了第一次国际物理学会议，即第一次索尔维会议。在此次成功之后，研究会继续负责邀请世界著名的物理学家和化学家对前沿问题进行讨论的会议。索尔维会议致力于研究物理学和化学中突出的前沿问题，每三年举办一次。由于前几次索尔维会议适逢 20 世纪 10 年代—30 年代的物理学大发展时期，参加者又都是一流物理学家与化学家，使得索尔维会议在物理学发展史上占据了重要的地位。

量子力学是在 20 世纪初由马克斯·普朗克、尼尔斯·波耳、沃纳·海森堡、埃尔温·薛定谔、阿尔伯特·爱因斯坦等一大批物理学家共同创立的。量子力学是描写微观物质的一个物理学分支，与相对论一起被认为是现代物理学的两大基本支柱，许多物理学理论和科学，如原子物理学、固体物理学、核物理学和粒子物理学以及其它相关的学科，都是以量子力学为基础。

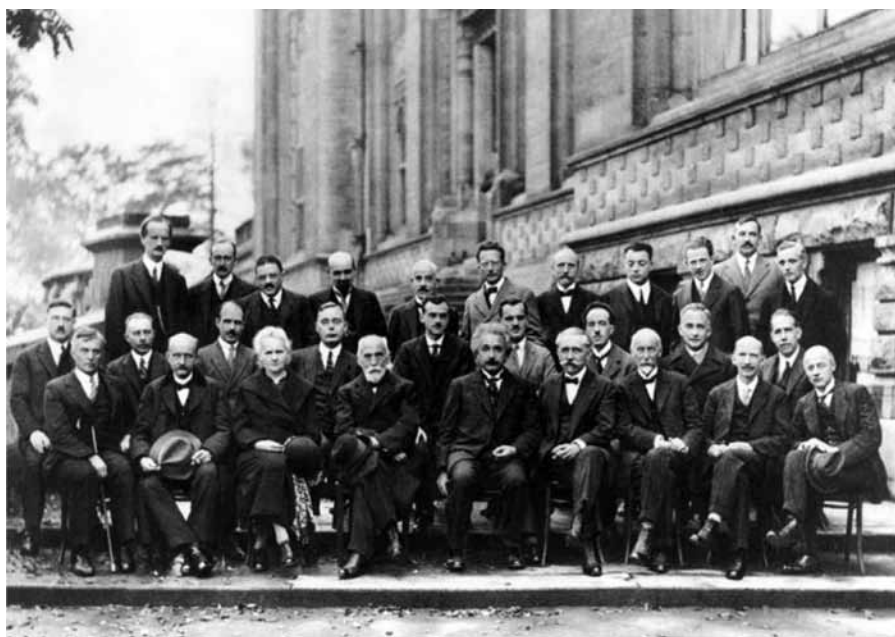
最著名的一次索尔维会议是 1927 年 10 月召开的第五次索尔维会议。此次会议主题为“电子和光子”，世界上最主要的物理学家聚在一起讨论新近表述的量子理论。会议上最出众的角色是爱因斯坦和尼尔斯·波耳。爱因斯坦反对海森堡的不确定性原理，因为这个原理应用统计学和概率到量子力学，所以爱因斯坦说“上帝不会掷骰子”而波耳反驳道，“爱因斯坦，不要告诉上帝怎么做”——这一争论被称为波耳-爱因斯坦论战。参加这次会议的二十九人中有十七人获得或后来获得诺贝尔奖。

尼尔斯·波耳，丹麦物理学家。1913 年波耳提出了原子结构的波耳模型。按照这一模型电子环绕原子核作轨道运动，外层轨道比内层轨道可以容纳更多的电子；较外层轨道的电子数决定了元素的化学性质。由于「对原子结构以及从原子发射出的辐射的研究」，荣获 1922 年诺贝尔物理学奖。

在这个大会期间，罗梅村终于见到了爱因斯坦，他把他的关于宇宙扩张的论文给了爱因斯坦，并且跟他讨论这篇论文，在读过罗梅村的论文后，爱因斯坦的评论是：你的数学推论是好的，但是你的物理推论是不愉快的。他也告诉罗梅村，在 1922 年的时候，俄国的数学家历山大·弗里

德曼于已经通过对相对论场方程式的计算，推论宇宙是扩张的。爱因斯坦并不打算在宇宙扩张这个议题上继续做研究，他想就此打住这个议题。

但是到了 1927 年，罗梅村的研究工作已经前进很多，他在英国剑桥跟爱丁顿的学习，对于相对论有更深入的了解，在美国哈佛的研究，让他得到了在当时最先进的天文资料，根据观测到的红移现象，他有理论上和实际观测的资料证明宇宙是扩张的。在这个会议期间，罗梅村陪同爱因斯坦参观了布鲁塞尔大学，罗梅村告诉了爱因斯坦在美国天文台所观测到的一些新资料，爱因斯坦表示他并不知道这些新的天文资讯。



1927 年索尔维国际物理学化学研究会
(1927 Solvay Conference)

太初原子的宇宙模式

1929年，哈伯发表了她的论文“A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae”，论文表明，来自遥远星系光线的红移与它们的距离成正比。哈伯论文所发表的天文观测结果跟爱因斯坦的宇宙模式并不相符合，这个时候英国皇家天文学会的爱丁顿召集一个会议讨论哈伯的发现，会议之后还发表了会议论文记录。会议论文发表之后，罗梅村看见这份报告，立刻通告他的导师爱丁顿，关于他的1927年的论文，已经发表了和哈伯相同的定律并且提出了宇宙扩张的模式。在这个通告里，罗梅村还把他两年前寄给爱丁顿的论文再寄了一份给他。爱丁顿收到罗梅村寄来的资料，觉得有亏欠之处，因为他忽视了罗梅村两年前的论文。爱丁顿此时立刻将罗梅村的论文从法文翻译成英文，并且发表成英国皇家天文学会的论文。

上一章提到了在罗梅村1927年的论文中，他提出了和哈伯相同的公式，他所推算的常数是625km/sec，而哈伯所推算的常数是500km/sec，其实相差不大。无论如何这个定律称为哈伯定律，其实应该是罗梅村定律。

在1929年哈伯的发现之后，爱因斯坦并没有立刻接受这个观点，又过了两，三年他才接受宇宙扩张的事实。在了解动态及扩张的宇宙之后，爱因斯坦很后悔在他的场方程式中所加入的常数，好让宇宙保持常态，他认为这是他一生所做的最大失误。

罗梅村因为是第一个物理学家提出了一个完整的动态宇

宙模型，并且有天文观测资料的支持，而吸引了天文物理界的注意，从此罗梅村进入了世界天文物理的大舞台上。

罗梅村于 1927 年提出了宇宙扩张模式的论文，但是他这个模式是建立在爱因斯坦和德西特的模式上，也就是说一个静态的宇宙已经存在了，然后从这个静态的宇宙再扩充出去成为动态宇宙，但是这样的宇宙模式是不稳定的，无法存在，因为天文观测的资料已经证明宇宙随着时间在扩大，那么随着时间倒退回去计算，宇宙应当有个起始，经过了几年的思考，罗梅村于 1931 年提出了「**太初原子**」（**Primeval Atom**）的宇宙模式，在这篇论文中，罗梅村提出宇宙起源于一个密度极高，体积极小的一个奇点，在这个太初的原子里，包含了整个宇宙的质量，在突然间这个太初原子分解和幅射开来，时间和空间开始存在，从这里，时间不断的演进，空间不断的扩大，以致于形成今日的宇宙，这个宇宙还不断的扩充开来。

罗梅村在 1931 年所提出的宇宙模式可是史无前例的，时间和空间是有一个开始的，他称那个开始的时间是“**没有昨天的那一天**”（**The Day Without Yesterday**）。

爱因斯坦于 1931 年在加州理工学院教书，他利用这个机会去参观威尔逊山天文台，并且仔细的审阅了哈伯的天文资料。下面的两张照片是 1931 年 1 月 29 日，爱因斯坦访问威尔逊山天文台的记录，第一张照片是在天文台的图书馆里照的，前排左边第二人是爱因斯坦，哈伯就站在他后面，第二张照片是在天文台的外面照的，前排左边第一人是爱因斯坦，哈伯站在他后面。这两张历史性的照片是杭廷顿图书馆（Huntington Library）所提供的。

在 1931 年 2 月，在天文台的图书馆里，爱因斯坦对着大群的记者宣布，他接受宇宙是动态扩张的事实，他也提到罗梅村动态扩张的宇宙模式是对的。报纸的大字标题说哈伯改变了爱因斯坦的想法。



1931 年爱因斯坦访问威尔逊山天文台（图书馆里）



1931 年爱因斯坦访问威尔逊山天文台
(天文台的外面)

1932 年，罗梅村和一群剑桥大学的天文学家到加拿大的蒙特罗访问，他们计划在那里观测日蚀，离开加拿大之后，罗梅村来到美国麻州的剑桥市，和爱丁顿一起参加第四次

的国际天文学会，在这个大会上，罗梅村遇见了他在哈佛大学时的指导教授夏普利，夏普利很严格的评审了罗梅村的宇宙模式及它的推论，罗梅村认为在宇宙开始的时候好像一个巨大的烟火会，如此必然有残存的痕迹，或是说有遗留下来的化石，他认为宇宙射线可能就是残存的烟火痕迹。罗梅村也利用了这个机会去访问了麻省理工学院及他的指导教授，交换研究心得。在美国东部访问之后，他于1933年的1月又来到加州理工学院参加一个学术会议，这个学术会是在加州理工学院的 Athenaeum Club 举行。

加州理工学院的 *Athenaeum Club*

在希腊文里，Athenaeum 这个字是指智慧女神的住处，这也专指雅典的女神庙。在古时候，哲学家，诗人，演讲家，常常聚在女神庙发表他们的意见，交换研究心得，到了1824年，英国人在伦敦成立了俱乐部，成为文学家，诗人，科学家，艺术家聚会的地方。加州威尔逊山天文台的主任和创始人乔治·海尔也是加州理工学院的董事，在1921年就想到在加州理工学院也成立一个俱乐部，在他的推动下，1931年加州理工学院的 Athenaeum 俱乐部正式成立了。在那个年代里，威尔逊山天文台，在圣玛利诺市的杭廷顿图书馆，加州理工学院的 Athenaeum 俱乐部是南加州的科学家，艺术家，和文学家的社交中心。时至今日，杭廷顿图书馆和花园风景依旧，并且又建设了一个中国式的江南园林，十分值得观赏，是假日出遊的好地方。

在1930，1940年代，包括爱因斯坦，迈克生，罗梅村，霍伊，还有许多知名的科学家，都到过加州理工学院来讲学或参加学术会议，Athenaeum 俱乐部是一个很舒适的接待中心。



今日的加州理工学院 Athenaeum 俱乐部

在 1933 年加州理工学院的会议中，罗梅村作了两次学术报告，一次是谈论他的宇宙起源和扩张的模式，一次是关于宇宙射线可能是宇宙起源时所残留下的证据。在他的学术发表会上，爱因斯坦还有其他的学者，都来听他的理论。

罗梅村的这个惊人的理论以及他的教会背景，吸引了很多听众，特别是新闻记者。在纽约日报的头版上，记者报导“罗梅村沿着两条路径来探讨真理，一个知名的物理学家同时又是神职人员，他告诉你科学和宗教信仰是没有冲突的”。在加州理工学院的会议上，罗梅村发觉爱因斯坦的态度改变了，他能够欣赏罗梅村的研究成果了，事实上在 1931 年，爱因斯坦已经接受了宇宙扩张的这个事实。

在这个学术会上，罗梅村还用一首诗来形容他的理论：

“在一切事务开始之前，我们有一个无与伦比的烟火晚会，然后在一个爆炸之后，诸天和烟灰出现了，我们来的太晚，只能看到创造生日后的庄严和美丽。”

在这次会面中，爱因斯坦告诉罗梅村，他认为罗梅村的宇宙模型，有太多的创造论的建议在里面，关于宇宙射线的问题，他应该去跟罗伯特·密立根讨论。

罗伯特·密立根是美国物理学家，芝加哥大学博士，是本书第三章提到的光学专家阿尔伯特·迈克生的学生，1923年获得诺贝尔物理学奖。1916年曾验证了爱因斯坦的光电效应公式是正确的，并测定了普朗克常数；另外他在宇宙射线方面也做了一些工作。在1917年，天文学家乔治·海尔邀请密立根在帕萨迪纳 Throop 技术学院教书，几年后 Throop 学院成为加州理工学院。从1921年至1945年，密立根担任加州理工学院的“行政会议的主席”，他在加州理工学院的研究主要集中于宇宙射线。

在今天能收集到的记录里可以看到爱因斯坦，罗梅村，和密立根在一起的照片。除了谈论罗梅村的研究外，他们也一起探讨场方程式的宇宙参数，自从宇宙扩张这个事实被证实后，爱因斯坦觉得他当初在场方程式中加入了一个宇宙常数是他一生中最大的失误，他当初加入这个常数是为了当时对于宇宙的认知是稳恒态的，一旦哈伯和其他的科学家已经能证明宇宙是动态扩张的，他想要把这个常数从场方程式中去掉。

但是罗梅村却有不同的看法，他认为这个常数有物理的意义在里面，这个项目可能跟宇宙的某种能量有关，因此不该去掉。关于这个问题，到了1947年罗梅村再次写信给爱因斯坦，要求他保留这个宇宙常数在他的场方程式中。这个问题到了2000年左右，科学家发现宇宙扩张的速度是不平均的，因此加入宇宙常数是必要的，关于这个问题，第十章还会有些讨论，这是罗梅村的贡献。

除了宇宙常数，罗梅村也跟爱因斯坦讨论到奇点的问题，因为奇点在直觉上很难让人领会，罗梅村希望能够找到宇宙开始于一个非奇点的状态，他跟爱因斯坦一起讨论的结论是奇点是无法避免的。近代的物理学家霍金也认为奇点的存在于相对论的宇宙模型里是无法避免的。

在加州理工的校园里，常常看到两个人在一起散步和交换意见，记者们悄悄的在旁跟班和记录，盼望得到一些科学新闻。

在这次的学术会上，罗梅村很成功的发表了和介绍了他的太初原子论的宇宙模型，他的理论得到了爱因斯坦的赞许，也受到大众的关注。



1933 罗梅村和爱因斯坦在加州理工学院的图片

德国的纳粹党希特勒于 1933 年出任德国总理。纳粹党执政后，威玛共和时代结束，德国进入希特勒独裁时代。到了 1933 年的夏天，4 月 1 日，纳粹党没收了爱因斯坦的私人财产及论文，德国也开始了反犹太人的运动，为了抗议纳粹党的行动，以及叫醒德国一般人的良心，爱因斯坦正式辞去了柏林大学的教授职位，也辞去了普鲁士科学院院士，他还到比利时的德国领事馆交还了德国护照。爱因斯坦夫妇暂时住在比利时，罗梅村这时来拜访了爱因斯坦，在比利时 Franqui 基金会的资助下，罗梅村安排了一个学术研讨会在布鲁塞尔的 Foundation 大学举行，爱因斯坦欣然的接受了这个邀请，这个学术会议上，这些学者之间有很好的交流，5 月 17 日学术会结束了，这也是爱因斯坦和罗梅村最后的见面，在往后的岁月里，他们没有再见面，但是仍然保持了通信的连系。爱因斯坦从比利时到了英国，再从英国到了美国，定居在新泽西的普林斯顿大学，在大学里的高等研究所教书。在爱因斯坦的推荐下，1934 年罗梅村得到比利时国王所颁发的青年比利时科学家大奖，奖金是 \$33,000，这是一个殊荣。

爱因斯坦的信仰

关于爱因斯坦对于信仰的态度问题，一直听到不同的说法，有人说他相信上帝，有人说他不相信，这种矛盾的看法也是有原因的，因为在他内心的深处也是有看法的，在现在能找到的文献中让我们看到他是反对有组织的宗教团体的，但是在他的许多言论中我们也看得出他内心深处信仰的一面，在 1929 年 10 月 26 日的记者访问里（Saturday Evening Post），爱因斯坦说：“在作孩子的时候，我接受了从犹太教法典和圣经来的教导，我是一个犹太人，我被拿撒勒人耶稣的光辉所吸引，没有一个人读了圣经不感受

到耶稣的存在，没有一个神话能充满了这样的生命”。在别的地方，他也说过：“宇宙中最让人不能理解的事情，就是我们可以去理解这个宇宙。”爱因斯坦也常提到他的相对论是建立在一个很深的信仰上，那就是这个宇宙是建立在一个简单的宇宙原理上。

圣经影响西方世界将近两千年了，创世记是圣经的第一卷书，创世记的第一句话就是：“起初神创造天地”。英文圣经是这么说的：“*In the beginning God created the heavens and the earth*”，这句话在西方人中是耳熟能详的一句话，所以当罗梅村提出了太初的原子论时，爱因斯坦就对罗梅村说你的学说中建议了创造论。在那个时代里，大多数的科学家对于罗梅村的宇宙模式和他的太初原子论都有这种看法。很多科学家认为罗梅村提出太初原子论，认为宇宙有开始是受到基督教圣经的影响，他是想找科学理论来维护基督教的信仰。

到了1935年，罗梅村有机会到美国的圣母大学作访问学者，相信他和爱因斯坦该有见面，但是没有资料和记录，1938年罗梅村再次来到美国开会，1939年开始了第二次世界大战到1945年大战才结束。在二次世界大战期间，罗梅村一家都留在比利时。战争初期，罗梅村的父亲就过世了，他就担负了照顾母亲的责任，罗梅村一直没有离开比利时，二战结束后，普林斯顿高等研究所曾邀请他担任教职，他拒绝了，一直到1958年他的母亲过世，罗梅村才出国讲学或参加学术会议。

在二战期间，一切的科学 research 发展都受到战争的影响，天文物理的研究也当然的放在一旁。罗梅村在鲁汶大学的研究兴趣也转到数学和电脑的应用方面，在二战之后有两组

科学家进入宇宙形成的研究领域，一组科学家是美国的乔治·伽莫，他们延续了罗梅村的研究工作，提出了热爆炸和太初核合成的理论。另一组科学家是英国剑桥大学的弗雷德·霍伊尔爵士，他们提出了稳恒态宇宙模型。

大爆炸论所衍生出来的问题

罗梅村所提出来的宇宙扩张模式，最先称为太初原子模型，后来到了 1948 年被称为宇宙大爆炸论，一直沿用到今天，这个理论在 1933 年提出来之后，衍生出不少的问题。

- a. 地球上现在已经知道的化学元素有 118 种，这些化学元素从何而来？
- b. 当时由哈伯定律所计算出来的宇宙年龄是 18 亿年左右，而由化石所计算出来的地球年龄已有 40 多亿年，这是不合理的。
- c. 宇宙大爆炸之后，应当留下一些化石或者说痕迹，到底什么是大爆炸之后的痕迹和证据呢？
- d. 大爆炸论是否是科学版的圣经创世记？大爆炸论是否证明了上帝的创造和存在？

大爆炸论的历史发展很有意思，就在这个时候俄裔美籍的核子物理学家乔治·伽莫和他的助手两个犹太裔的美籍物理学家拉尔夫·阿尔菲和罗伯特·赫尔曼进入了大爆炸论的研究舞台。

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

乔治·伽莫 (George Gamow, 1904 – 1968 年) 生于乌克兰, 外祖父还是东正教的一个主教, 伽莫在自传里提到他在年幼时对于事情很有研究的精神, 1922 年进入新俄罗斯大学就读, 不久转到列宁格勒大学, 他原来希望研究相对论, 曾师从著名宇宙学家亚力山大·弗里德曼学习。但是因为弗里德曼突然过世, 他就跟随另外的指导教授学习核子物理, 命运的安排让他成为核子物理的专家。1928 年获得博士学位。1928 年到 1932 年间曾先后在德国哥廷根大学、丹麦哥本哈根大学尼尔斯·波耳研究所和英国剑桥大学卡文迪许实验室跟着名物理学家波尔和卢瑟福从事研究工作。在哥廷根大学期间, 伽莫成功地将量子理论应用到原子核的研究, 解释了 α 衰变。1931 年, 伽莫回到苏联, 担任了列宁格勒科学院首席研究员, 并且在列宁格勒大学担任物理教授。伽莫对于当时斯大林的统治十分不满意, 也不能忍受。1933 年索尔维国际物理学会邀请了伽莫夫妇参加, 这是很高的荣誉, 苏联政府批准伽莫夫妇出席, 利用在比



利时布鲁塞尔开会时，伽莫利用机会离开了苏联。离开苏联后，伽莫在法国巴黎的居里研究所从事研究，1934年移居美国，同年秋天被聘为哥伦比亚特区的乔治华盛顿大学教授。在乔治华盛顿大学工作期间，伽莫主要从事宇宙学和天体物理学研究，发展了大爆炸宇宙模型，并且研究了宇宙初始阶段化学元素起源的问题。这个时期是他学术生涯的顶峰，伽莫和他的两个助手对于宇宙大爆炸论做出重要的贡献。

拉尔夫·阿尔菲（Ralph Asher Alpher，1921—2007年），美国物理学家、天文学家，他的父亲是从俄国移民到美国的犹太人。阿尔菲在少年时期就表现出极高的天份。他在16岁那年，便得到了麻省理工学院的奖学金，但是在一个非正式的口试中，他提到自己的犹太裔背景，很快的，他的奖学金被取消了，于是他转到乔治华盛顿大学读书，并且是半工半读的完成了学士学位。阿尔菲的数学能力非常好，在学校里他认识了物理学家伽莫，并且在伽莫的指导下完成了博士学位。

罗伯特·赫尔曼（Robert Herman，1914年—1997年），美国物理学家、天文学家，赫尔曼的背景也是从俄国移民到美国的犹太人。赫尔曼于1940年，在普林斯顿大学读完物理博士学位。因为在工作时认识了阿尔菲，并且知道他和伽莫从事天文科学的研究，1940年代赫尔曼与伽莫以及阿尔菲一同研究了宇宙大爆炸模型。

在那个时代，伽莫在核子物理学领域的学术背景是非常优异的，但是因为他在俄国的教学研究工作的，让他有了俄国红军的资历，因此他未能参与美国曼哈顿原子弹的研制工作。所以在这个时期伽莫转去研究太初核子合成的研究。

在介绍伽莫的太初核合成的工作之前，要先解释恒星核合成这个研究和概念。

恒星核合成 (*Stellar Nucleosynthesis*)

太阳所发出来的光和热是从那里来的？宇宙中这些物质化学元素是从那里来的？在随着原子科学，核子物理的发展，这些复杂的过程在 20 世纪初期开始逐渐被了解，首先知道的是长期以来产生太阳的光和热的能量来源是核反应。在 1920 年，亚瑟·爱丁顿，首度建议恒星的能量，是来自于将氢融合成氦的核融合反应，这只是一个假设，没有人知道这个过程。

在 1930 年代，伽莫对于恒星发光的能源问题就很有兴趣，伽莫和爱德华·泰勒（氢弹之父）推导出核反应进行的过程和速率，并相信恒星内部存在着极高的温度。恒星核合成是在恒星的核心内进行，能将轻的元素燃烧成更重的元素的核反应总称。在太阳内产生能量的主要核反应是将氢融合成氦的核融合，它至少要 300 万 K（绝对温度，0 度 K = 摄氏零下 273 度）的高温才能进行。

在 1938 年，伽莫安排了一个科学研讨会，题目是“恒星能量来源的问题”，有许多重要的科学家参加了这个学术会，其中包括了爱德华·泰勒和汉斯·贝特。泰勒和贝特都是曼哈顿计划的重要科学家，也同样是犹太裔的美国物理学家。

在 1939 年，在一篇名为《恒星能量的产生》的论文中，汉斯·贝特分析了氢融合成氦的可能过程，他选择了两种认为可能发生在恒星内产生能源的过程。第一种是质子-

质子链反应，是质量像太阳这样的恒星产生能源的主要过程；第二种是碳-氮-氧循环（CNO Cycle），被认为是卡尔·魏茨泽克在1938年曾提出的，是质量更大恒星的主要能源；这些反应产生的能量能持续维持恒星内部的高热。因为这个发现，贝特于1967年得到诺贝尔奖。但是在这个时候，他们没有谈到如何创造更重的元素。

伽莫的研究不在恒星的通过核子反应产生光和热，他希望了解宇宙中的物质元素是如何产生的。现在所知道的元素有118种，但是当时的科学家已经知道，宇宙中有75%是氢元素，24%是氦元素，而剩下的1%包括了所有的其他化学元素，伽莫认为在宇宙开始的时候，是一个极高温又极小的火球，在扩张的过程中产生了氢元素和氦元素，这个过程称为太初核子合成，在伽莫的指导下，这个研究成为了阿尔菲的博士论文。

伽莫安排阿尔菲研究了大爆炸中元素合成的理论。在阿尔菲1948年提交的博士论文中，伽莫说服了汉斯·贝特把他的名字署在论文上，又把自己的名字署在最后，这样三个人名字的谐音恰好组成前三个希腊字母 α 、 β 、 γ 。于是这份标志宇宙大爆炸模型的论文以阿尔菲、贝特、伽莫三人的名义，在1948年发表，称为“ $\alpha\beta\gamma$ 理论”，这篇论文的正式题目是“化学元素的来源”，虽然这篇论文是研究化学元素的来源，但是他们只能提出氢和氦的形成，其他更重的元素的产生并无法解释，因为这个理论是非常先进的，在论文口试那天，来了二、三百位记者，当时是十分引人注意的。

伽莫的研究，接续了罗梅村的研究工作，成为热大爆炸宇宙学模型，这个模型认为，宇宙最初开始于高温高密的

原始物质，温度超过几十亿度。随着宇宙膨胀，温度逐渐下降，形成了现在的星系等天体。伽莫，阿尔菲，和赫尔曼认为在宇宙创造后 1 秒到 30 万年间，宇宙是充满光能和热能的，宇宙在 30 万年时，大约是 1 万度绝对温度，经过了宇宙扩张了 137 亿年，光的能量丧失，温度降低到绝对温度 5 度左右，如同壁炉内的木柴，在燃烧完之后，残存的余光和余温一样，背景辐射就成为大爆炸之后所残留下的余辉。

这些创造的痕迹在伽莫之后的 20 年里，没有人愿意去研究，伽莫的推测，也被大家忘记了。科学家们认为大爆炸论牵涉到太多的宗教问题。直到 1964 年彭齐亚斯和威尔逊偶然发现了微波背景辐射，证实了他们的预言。

在 1940 年代，主要的宇宙形成的模型有大爆炸论和稳恒态宇宙（或称为恒稳态宇宙）一方面有许多科学家质疑罗梅村的理论有基督教信仰的背景，但是同时有一些基督徒相信稳恒态宇宙模式，并不喜欢大爆炸论，但是天主教的教廷是赞同大爆炸论的。

弗雷德·霍伊的稳恒态宇宙模型

弗雷德·霍伊，（Sir Fred Hoyle，1915 — 2001 年），霍伊出生于英国约克郡。青年时期的霍伊有很强的独特思维，这个性格一直表现在他的人生里，霍伊是在剑桥大学读书，1936 年毕业后攻读硕士学位，1939 年获得硕士学位。第二次世界大战爆发后，霍伊尔被征入海军部研制雷达。

1945 年霍伊尔获聘为剑桥大学的数学讲师。1958 年担任天文及实验哲学教授。1967 年霍伊创建了剑桥大学的理论

天文研究所，并且成为首任所长。1970年霍伊担任英国皇家学会副会长 1971年至1973年担任英国皇家天文学会会长。1972年获封爵士。

赫尔曼·邦迪（Sir Hermann Bondi，1919 - 2005年），汤马士·戈尔德（Thomas Gold，1920-2004年）出生于奥地利的犹太人，他们两位也都是在中学时代，就在数理方面有优异的表现，在二次世界大战前，逃避纳粹党而到英国剑桥大学读书，二战期间跟随弗雷德·霍伊一同为英国海军部研制雷达。二战之后，这三位科学家都陆续的回到剑桥大学教书和做研究。

有一回三个人一起在剑桥大学里看科学幻想片的电影，回去之后有了灵感，在1948年戈尔德和邦迪发表了稳恒态宇宙模型，同时间霍伊也发表了一篇关于稳恒态的宇宙模型的论文，在稳恒态宇宙模型论文中表示宇宙虽然在膨胀，但外观不随时间而改变，也就没有开始和结束。他们认为在大尺度下宇宙在各处是没有任何差异性的，只在区域范围内会有明显不同，因此在大尺度下宇宙是均匀的。他们估计在宇宙膨胀状态中，每立方公尺真空空间中每十亿年就产生一个氢原子。物质的产生将可以确保宇宙在扩张时保持一定密度。

稳恒态宇宙模式有一个好处，就是它一方面满足了宇宙扩张的事实，一方面又告诉我们宇宙的外观不随时间而改变，也就没有开始和结束。这种理论也符合当时许多人的看法，对于非基督徒来说，这个理论证明没有上帝创造的必要，对于一些基督徒相信上帝瞬间创造宇宙的人来说也就比较容易接受了，通过大爆炸的方式来创造宇宙，在直觉上对许多基督徒来说，是不容易接受的。

稳恒态宇宙模式起初并没有引起太多的注意，霍伊把他们的论点提升到广播节目里，他在 1949 年 3 月的一期 BBC 广播节目《物质的特性》（The Nature of Things）中将罗梅村等人的理论称作“这个大爆炸的观点”，自从霍伊在广播节目中用讽刺意味来提起罗梅村的太初原子论为大爆炸论之后，罗梅村的理论就变成了“大爆炸论”，一直被沿用到今天。

罗梅村的大爆炸论是有理论基础的，他是建立在爱因斯坦的普通相对论的场方程式上，并且有哈伯宇宙扩张的观测资料。相对于大爆炸论，霍伊的稳恒态宇宙却是有点玄学意味。科学史学家都认为提出稳恒态宇宙理论的动机是为了避免创造论，他们不喜欢宇宙有个开始，但是很讽刺的是稳恒态宇宙模型需要假设有微量的氢原子不断的被创造出来，因此在霍伊的理论里还是要假设一个微创造，同时这个假设又违反了质量守恒定律。

霍伊曾说过“不是我们支持稳恒态宇宙论，实在说我们在情感上喜欢它”。戈尔德，邦迪，和霍伊都是无神论者，霍伊又特别反对天主教。虽然如此霍伊和罗梅村保持了在学术上彼此的尊重。

前面提到了大爆炸论跟据哈伯所推算出来的宇宙年龄远小于地球的年龄，这是大爆炸论在当时存在的一个问题，二次世界大战期间，哈伯离开了天文台参与战事的训练工作，当时在威尔逊山天文台工作的哈伯同事修正了哈伯的计算，到了 1952 年，修正后的宇宙年龄将近于 40 亿年，大爆炸论所推算出来的年龄问题，逐渐解决了，近年来的发现，宇宙年龄大约是 137 亿年。

1960年代，越来越多的证据令大爆炸宇宙模型为人们广泛接受，然而霍伊却一直坚持自己的稳恒态宇宙模型。在他看来，大爆炸模型最初的“奇点”难以令人接受。

关于宗教上的质疑，罗梅村在1958年的索维尔会议上，为他的学术立场做了辩护，他认为大爆炸论提出宇宙有一个开始，完全是一个科学理论，并不能证明上帝，上帝的存在不能用科学来证明的。

天主教教廷的反应

1951年11月教宗庇護十二世在罗马对着红衣主教们和义大利的教育部长，以及天主教科学院的院士们，包括了罗梅村，发表了关于宇宙大爆炸的意见。教宗是这么说的：

“宇宙刚开始的时候，物质是一个什么性质和状态？根据不同的理论，这个答案会是十分不相同的，但是这些答案之间还是会有某种共同点，这个共同点，就是在宇宙开始之时的密度，温度，和压力都是惊人的巨大的。

当一个被启发和光照的心灵很清楚的，很严格的检查和判断这些事实，他会理解全能者创造的工作，并且承认祂的权能，在亿万年之前，在创造之圣灵的大能命令之下，在祂丰富的慈爱里，在爆炸的能量里，命定宇宙中的物质的存在。

确实的，从过去的世纪一直到今天的科学，很成功的证实了神说要有光就有了光的那个高贵令人敬畏的时刻，在那时刻，从空虚和不存在之间，爆炸出了光海和幅射，形成了物质，并且这些元素最终形成了无数的银河系。”

在这里提到的“神说要有光，就有了光”是引用圣经创世记第一章第三节。

社会的反应

大爆炸论和恒稳态宇宙论提出后，自然引起学术界及社会里各阶层的关注，在咖啡店里人们讨论这个问题，在学校里，在社交场合里，这都是有趣的话题。当天主教教宗发表了他的看法之后，有个科学家跟哈伯开玩笑说你快要封为天主教的圣人了，当有人告诉霍伊和戈尔德关于教宗的演说，戈尔德讥笑的说教宗以前不也是说地球是不动的吗？另外也有人说罗梅村为了信仰辩护，所以想建立科学版的创世记，在当时的西方世界里，这一切仅止于讨论。

在当时的苏联，情况却十分严重，在当时的政治气氛下，创造这两个字是不被允许的，因为有创造就代表有创造主，就代表有上帝，在史达林时代是绝对不允许的，在苏联有些天文学家因为研究和教导大爆炸论，而被判有罪，送去劳改。霍伊在这段时间访问了苏联，因为他的模型建立在宇宙是自有永有的状态而不需要有创造主，所以当时的苏联还可以接受他，至于他模型中的氢原子的微创造要改为微制造。

科学界和科学家们的反应

在伽莫和阿尔菲以及赫尔曼发表了利用太初核合成的理论加入大爆炸论，并且预测在大爆炸之后，宇宙会有残存的能量，它的热度大约是5度绝对温度。伽莫和阿尔菲以及赫尔曼的论文发表时吸引了很多的关注，但是很快的热

情就降温了，伽莫的研究团队也没有提出有效的研究计划来证实他们的理论，在同时，霍伊和他的研究团队，也没有更多的研究发现和进展。除此之外，宗教的意识，造成科学界对大爆炸论有些成见，天主教已经接纳大爆炸论，科学界对此也有看法，如此一来，大爆炸论就被科学界搁置了起来，这一停置就停了大约 15 年。

伽莫喜欢喝酒，他和阿尔菲以及赫尔曼作研究工作时，常常在学校附近的酒馆中讨论这些科学题目，霍伊和伽莫有些交情，在霍伊的自传中提到，伽莫喜欢开玩笑，有时近乎恶作剧，他对于讨论的项目会很快失去兴趣而跳到另外的题目去。

1953 年，伽莫参与在冷泉港召开的研讨会，华森、克里克在会中介绍了他们新发现的 DNA 双螺旋结构。伽莫在会后写了信件给华森与克里克，提出他的想法。在信件中，伽莫先列出 25 种最常见的氨基酸，根据 DNA 的四种核酸为 20 种氨基酸进行编码的想法，建立了一个数学模型。他是首位以密码学角度来思考 DNA 的学者。伽莫随后在柏克莱加州大学组织了一个非正式的研究小组，伽莫根据氨基酸出现在蛋白质中的频率进行分类，提出三个核酸一组为 20 个氨基酸编码的概念，形成遗传密码学说。

伽莫还是一位优秀的大众科学作家，在他一生正式出版的 25 部著作中，有 18 部是大众科学作品，其中最具代表性的是《物理世界奇遇记》。在这部作品中，伽莫成功地塑造了只懂数字不懂科学的银行职员汤普金斯先生这个人物形象，通过他梦游物理幻境的奇妙经历，以幽默、生动的语言将物理学的重要概念介绍给读者，获得了极大的成功。1956 年，伽莫获得联合国的大众科学奖。

阿尔菲和赫尔曼也分别于 1955 年前后离开了学术界，到通用电器（GE）和通用汽车（GM）的研究所里从事应用物理方面的研究。后来这两个科学家又分别回到大学里教书。

伽莫和他的太初核合成理论成功地解释了在宇宙开始的时候氢和氦的产生，其它的更重的元素如何产生，太初核合成的理论却无法解释，重要的问题在于碳原子的形成太难理解，碳原子的形成需要很高的温度并且需要较长的时间才能形成，大爆炸之后温度很快降低，并且没有足够的时间来制造碳原子。霍伊在 1950 年初开始了恒星核合成的研究，1952 年霍伊从剑桥大学休假到加州理工学院作研究时，他拜访了威廉·福勒（William Fowler，1911-1995 年）。

福勒，1936 年在加州理工学院获得核物理学博士学位。他的博士论文内容是关于质子与轻元素发生的核反应，这个过程对于恒星内部的碳氮氧循环很重要。此后他一直留在加州理工学院教书直到他逝世为止。

霍伊拜访了福勒，请求福勒在实验室中测试从氦原子转换成碳原子的可能性，霍伊使用了碳-12 在宇宙中是丰富的事实，作为碳-12 有共振存在的证据，霍伊提出了想法给福勒，他承认这样的能阶是可能存在的，而在过去的工作中被忽略掉了。在简要的规划之后，他在加州理工学院凯洛格辐射实验室的研究小组，就在 7.65MeV 附近发现了碳-12 的共振。

霍伊和福勒发现了氦原子核如何转换成碳原子核的过程，这个过程称为 3 氦过程（triple-alpha process），是 3 个氦原子核（ α 粒子）转换成碳原子核的过程，这种核融合反应可以在超过一亿度 K 的高温和氦含量丰富的恒星内部发生。

1957年，霍伊和伯比奇夫妇（杰佛瑞·伯比奇和玛格丽特·伯比奇）、威廉·福勒四人提出了元素合成理论，即著名的 B2FH 理论《恒星中的元素合成》。他的论点认为相当热的恒星最终可以创造出铁元素。整个领域的研究在 1970 年代迅速的扩展开来。

核合成的研究和发展也进一步的推动了和完善了宇宙大爆炸论的发展。

1983 年诺贝尔物理学奖授予了福勒，却未授予霍伊。

1970 年代，霍伊离开剑桥大学之后，同一些科学家合作，提出了地球上生命起源的新学说，他们认为地球上的生命很可能是由彗星从外太空带来地球的，这个学说一提出又成为广受争议的话题。霍伊的研究领域非常广泛，他还写下多部学术专著、大众科学读物、科幻小说、电视连续剧，以及一部自传。霍伊的许多研究成果不符合被认为是正统的学术观点。尽管如此，他仍然被认为是 20 世纪具有影响力的科学家之一。

邦迪和戈尔德也于 1955 年左右离开了他们的稳恒态宇宙模式的研究，邦迪离开了剑桥到伦敦大学教书，从事相对论方面的研究，而戈尔德则是离开英国到了美国的康乃尔大学做天文学的教授。

关于罗梅村在 1950 年以后的工作，以及他的神学思想会在本书的第 9 章介绍。本章提到了教宗对大爆炸论的支持和接纳，并且公开发表演说，这件事让罗梅村很紧张，毕竟在那个时候，还并没有证据来支持大爆炸论，因此罗梅村为此事特别邀请了一位枢机主教同他去晋见了教宗，罗梅村要求教宗在科学和宗教的问题上保持谨慎。

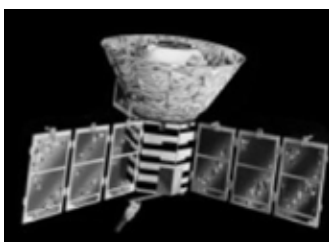
这里要介绍另外一位科学家的工作。苏布拉马尼安·钱德拉塞卡 (Subrahmanyan Chandrasekhar, 1910年—1995年) 是一位印度裔美国籍物理学家和天体物理学家，钱德拉塞卡在 1983 年因在星体结构和演化的研究而与威廉·福勒共同获诺贝尔物理学奖，钱德拉塞卡从 1937 年开始在芝加哥大学任职，直到 1995 年去世为止。钱德拉塞卡最知名的成就是钱德拉塞卡极限，他描述白矮星的质量限制是 1.44 倍的太阳质量，如果超过这个界线，恒星在成为超新星之后将塌缩成中子星、黑洞。

恒星的大小和质量的不同，会造成恒星内部核反应过程的不同，最终恒星演化的过程和命运也不一样。恒星大部分的生命期都在以核融合产生能量的状态。像太阳这样的恒星会从核心开始以一层一层的球壳将氢融合成氦。这个过程会使恒星的大小逐渐增加，直到达到红巨星的状态。质量不少于太阳一半的恒星也可以经由将核心的氢融合成氦来产生能量，质量更重的恒星可以依序以同心圆产生质量更重的元素。金子这种重金属是由比太阳大数倍的恒星才能产生出来。像太阳这样的恒星用尽了核心的燃料之后，其核心会塌缩成为致密的白矮星，并且外层会被驱离成为行星状星云，白矮星的内部不再有物质进行核融合反应，因此不再有能量产生。质量大约是太阳的 10 倍或更重的恒星，在它塌缩成为密度非常高的中子星或黑洞时会爆炸成为超新星。

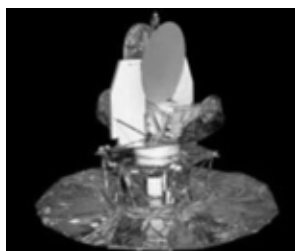
恒星所制造出来的化学元素，扩散在宇宙中成为宇宙构建的材料，这些星尘聚集成成为行星，二十世纪的科学家认为我们人类都是由星尘所造成的，圣经早在几千年前的创世记中就告诉我们，上帝用地上的尘土造人。

第八章

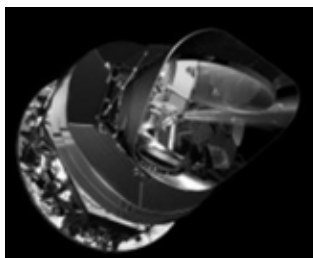
天火餘輝



COBE - 宇宙背景探测者卫星



WMAP - 威尔金森微波各向异性探测器



Planck - 普朗克卫星

在寒冷的冬天，大家会在壁炉里放木材烧火取暖，起初火很旺，也很热，木材烧完了，火光也不见了，但是壁炉还是会有余留下来的温度，如此就知道在壁炉中烧过材火。在宇宙开始的时候，有巨大的光能和热能释放出来，到了今天，我们看不见大爆炸，但是在宇宙大爆炸之后应当有「天火余辉」留下来。在前一章提到伽莫，阿尔菲，和赫尔曼在 1940 年代就预测到大爆炸之后残余下来的能量，大爆炸的残余能量应当散布在宇宙中。能量所表现出来的形式，可以是光能，热能，或是电磁波，而可见光及不可见光都是电磁波，在这里称为宇宙背景辐射。本章介绍宇宙背景辐射的发现，以及接下来的故事。

宇宙背景辐射的发现

罗伯特·威尔逊 (Robert Wilson, 1936-) 美国德州人，1962 年在加州理工学院得到博士学位，毕业后到新泽西州的贝尔实验室工作。阿诺·彭齐亚斯 (Arno Penzias, 1933-) 出生于德国的慕尼黑，是二战前最后一批逃离纳粹德国的犹太难民，到美国后就读于纽约市立学院毕业于物理系，并于 1962 年在哥伦比亚大学得到博士学位，毕业后也到了新泽西州的贝尔实验室工作。

1964 年，威尔逊和彭齐亚斯在新泽西州霍姆代尔附近，克劳福德山的贝尔实验室，一同设计和使用了一个，为卫星通讯设计极敏感的天线，在这个天线的接收台里，他们收到了来自天空的均匀，且不随时间变化的讯号，最初他们认为这也许是从纽约市来的讯号，后来排除了这个可能性，然后他们又详细的检查了天线，看到了鸽子的粪便，清除了鸽子的粪便，也把鸽子赶走了，但是这个来自天空四面八方而来的讯号仍然存在。

就在同一个时间里，普林斯顿大学里的一组天文物理学家也在研究宇宙背景辐射的问题，这组科学家包括罗伯·迪克（Robert Dicke），皮伯斯（P.J.E.Peebles）和大卫·威尔金森（David Wilkinson）。

当贝尔实验室的这两位科学家无法了解这个天空来的讯号现象，他们开始跟普林斯顿的科学家联系上，当接到一通来自克劳福德山的电话后，迪克风趣地说：「伙伴，我们被挖到了。」，普林斯顿和克劳福德山小组之间的会议决定天线温度确实是来自微波背景。

于是他们在《天体物理学报》上以《在 4080 兆赫上额外天线温度的测量》为标题发表论文正式宣布了这个发现。

迪克、皮伯斯、劳尔和威尔金森在同一杂志上以《宇宙黑体辐射》为标题发表了一篇论文，对这个发现给出了正确的解释，即：这个额外的辐射就是宇宙微波背景辐射。

宇宙背景辐射的发现引起了物理学界很大的关注，宇宙背景辐射的发现在近代天文学上具有非常重要的意义，它给了宇宙大爆炸论提供了一个有力的证据，并且与类星体、脉冲星、星际有机分子一道，并称为 20 世纪 60 年代天文学“四大发现”。

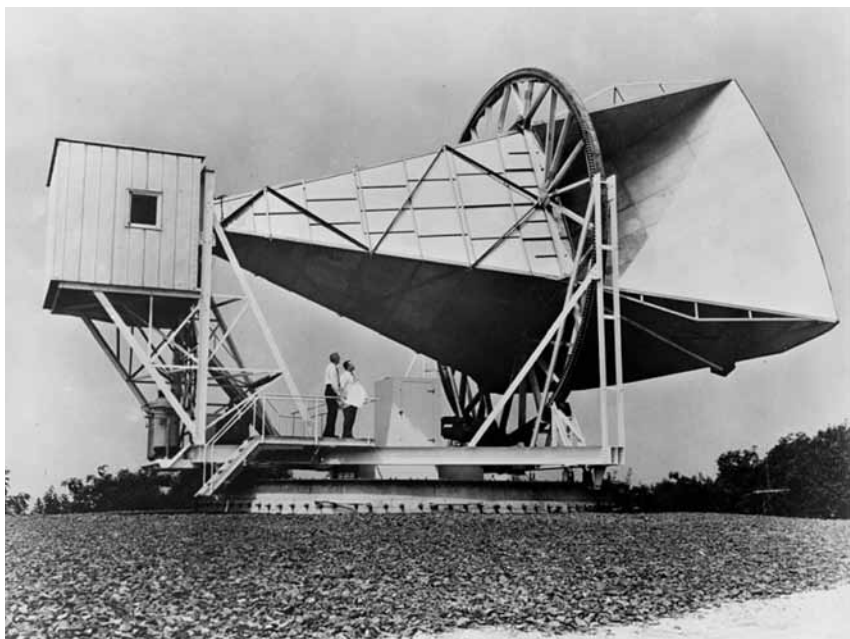
由于宇宙背景辐射的发现，大多数的科学家开始相信宇宙大爆炸论，恒态宇宙逐渐被科学家们放弃了，1966 年的五月，罗梅村因为血癌而住在医院里，他的好朋友带给他宇宙背景辐射发现的论文，告诉他，他的理论已经有物理上的证据了，两个星期之后，罗梅村就逝世了，享年 68 岁。

伽莫，阿尔菲，和赫尔曼因为在 1948，1949 年间就预先提出宇宙背景辐射的存在，所以对于 1966 年的两篇宇宙背景辐射的论文，颇有微辞，后来普林斯顿的迪克教授给了伽莫和他的团队应有的承认。伽莫喜欢喝伏特加酒，1968 年因肝病过世，享年 64 岁。

彭齐亚斯和威尔逊获得了 1978 年诺贝尔物理学奖，以表彰他们的发现。

在 1978 年的诺贝尔奖的大会上，彭齐亚斯发表了很感性的演讲，他首先感谢他的父母亲带他逃避纳粹党的控制到纽约市来读书，他说他的母亲在纽约的血汗制衣厂里日以继夜的工作以培育他读书，一个世代的犹太难民都是这样来帮助他们的下一代，当他在普林斯顿大学读书时，他认为穿一件漂亮的礼服是一件让他伤心的事，因为很可能这是从一家血汗工厂出来的。接着讲述了大爆炸论发展的历史，并且表扬了阿尔菲，赫尔曼，和伽莫的贡献。

对于阿尔菲来说，这个承认和表扬来得太晚，阿尔菲确实对太初核合成和宇宙背景辐射做出重大的贡献，但是却未能得到诺贝尔奖，也许承受了太大的压力，有科学传记上提到他在这年有一次的心脏病发作，从此后他的身体一直不大好。



威尔逊和彭齐亚斯发现宇宙背景微波辐射的天线

1993年，阿尔菲，和赫尔曼一同获得了亨利·德雷伯奖章。阿尔菲于2005年又获得美国国家科学奖，奖励他在核子合成研究上发现宇宙背景辐射的存在，提供了大爆炸论的证据。奖章由乔治布希总统颁发，因为阿尔菲的身体不好由他的儿子来领奖。

弗雷德·霍伊爵士始终不肯接受宇宙大爆炸论，他于2001年过世。霍伊是一个独立特行的人，他反对天主教也反对共产主义，他对进化论也有质疑，他对诺贝尔奖金委员会有质疑，他跟剑桥大学的管理层关系也很紧张，他所提出的稳恒态宇宙模式是非正统的，但是他对于恒星核合成研究的贡献是很了不起的，他没能得到诺贝尔奖，让许多人觉得可惜。

宇宙微波背景(CMB, 又称3K背景辐射)是宇宙学中“大爆炸”遗留下来的热辐射。「宇宙微波背景」或「遗留辐射」, 是一种充满整个宇宙的电磁辐射。特征和绝对温标2.725K的黑体辐射相同。频率属于微波范围。宇宙微波背景是宇宙背景辐射之一, 为观测宇宙学的基础, 因其为宇宙中最古老的光, 用传统的光学望远镜, 恒星和星系之间的空间(背景)是一片漆黑。然而, 利用灵敏的辐射望远镜可发现微弱的背景辉光, 且在各个方向上几乎一模一样, 与任何恒星, 星系或其他对象都毫无关系。

宇宙微波背景很好地解释了宇宙早期发展所遗留下来的辐射, 它的发现被认为是一个检测大霹雳宇宙模型的里程碑。因为任何建议的宇宙模型都必须解释这种辐射, 宇宙微波背景是精确测量宇宙学的关键。

当你打开电视机, 并且连接上天线, 但是不要连接在有线电视的接收器上, 这时候, 当你转到没有讯号台的地方, 会在电视上看到白色像雪花似的噪音影像, 这就是宇宙背景微波所显出的影像, 即使连接到有线电视台, 大约有1%的噪音影像还是会出现, 这也就是宇宙背景在微波的信号。

随后发现宇宙背景辐射的, 是数以百计已进行测量和识别辐射特征的宇宙微波背景辐射实验。

宇宙背景幅射的卫星探测

在1974年, 美国太空总署要求它的科学家们设计巡天卫星来观测宇宙背景幅射, 和其它的宇宙资料, 几经波折, 在15年之后, 在1989年11月18日巡天卫星准备好了, 在加州的范登堡空军基地准备发射, 巡天卫星的名字是「宇宙背景探测者卫星(COBE)」。

约翰·马瑟和乔治·斯穆特这两位太空总署的科学家领导了这项工作。在发射卫星的那一天，他们特别的邀请了在 1948 年就预测了宇宙背景幅射的两位科学家来观礼，他们邀请了阿尔菲和赫尔曼来观礼，以表扬他们的研究和发现。

1989 年，NASA 发射了宇宙背景探测器卫星（COBE），并在 1990 年取得初步测量结果，显示大爆炸理论对微波背景辐射所做的预言和实验观测相符合，COBE 测得的微波背景辐射余温为 2.726K。

在 1992 年 4 月 23 日，美国物理学会在华盛顿举行了特别发表会，斯穆特担任 COBE 团队的发言人，斯穆特报告，COBE 卫星发现了证据，在宇宙开始之后大约 30 万年，微波背景辐射的涨落（各向异性），在十万分之一的量级。本章下页附了两张图片，一张是 COBE 卫星的图片，一张是以 COBE 卫星为中心所测绘的宇宙背景幅射图。

斯穆特告诉新闻记者说：我们发现了早期宇宙的最古老最大的结构，它们是宇宙原始的种子，形成了今日的宇宙结构，像是众银河系。他接着又说：“很好，**如果你们有宗教信仰，这就好像见著了上帝的面容**”。在记者会之后，美国新闻周刊用头版新闻报告这个科学新闻，它的题目是：“**上帝亲手写的笔迹**”。

约翰·马瑟和乔治·斯穆特因领导了这项工作而获得诺贝尔物理学奖。诺贝尔奖委员会对他们的评语是：他们的研究和发现，使得宇宙科学成为精准科学研究的开始。基本上，他们的工作和发现，使得大爆炸论，成为主流科学。

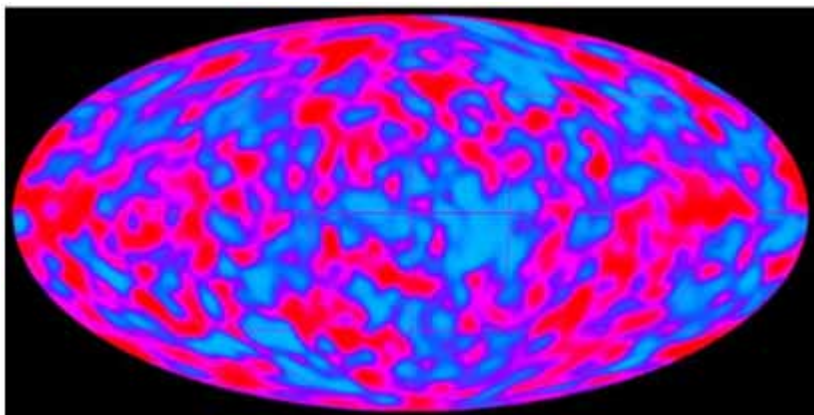
在接下来的十年间，微波背景辐射的各向异性被多个地面探测器以及气球实验进一步研究。

在 2001 年 6 月，美国太空总署推出了第二宇宙微波背景太空任务，为威尔金森微波各向异性探测器（WMAP），更精确的测量整个天空的大尺度各向异性。威尔金森微波各向异性探测器采用对称的，快速的多频扫描，快速转换辐射计与极小化非天空讯号杂讯。此任务的首次结果于 2003 年披露，详细的测量小于 1 度的角功率谱，紧紧地约束了各种宇宙学参数。其结果与宇宙膨胀及其他各种相互竞争的理论的预期大致相符，宇宙微波背景（CMB）的详细资料可在美国航天暨太空总署的资料库取得。

欧洲太空署在 2009 年发射了普朗克卫星，目的是探测宇宙背景辐射，测试早期宇宙的理论，和宇宙结构的起源，这是和美国太空总署的合作计划，补充 WMAP 探测卫星的不足之处。



宇宙背景探测者卫星（COBE）



宇宙背景探测器卫星所测绘的宇宙背景幅射图

诺贝尔奖和大爆炸论

1967年的诺贝尔奖颁发给汉斯·贝特，得奖的论文是根据贝特于1939年，在一篇名为《恒星能量的产生》的论文中，汉斯·贝特分析了氢融合成氦的可能过程并且释放出巨大的能量。贝特的研究工作让我们了解恒星是一个巨大的核子反应炉。

1974年的诺贝尔物理奖颁发给两位英国籍无线电天文学家马丁·赖尔和安东尼·休伊什，以表彰他们在无线电天文学的开创性研究：赖尔的发明和观测，特别是合成孔径技术；休伊什在发现脉冲星方面的关键性角色。

1978年诺贝尔物理奖颁发给彭齐亚斯和威尔逊，以表彰他们关于宇宙大爆炸后的背景辐射的发现，根据他们在1965年，发表题目为《在4080兆赫上额外天线温度的测量》的论文。他们的研究发现，让宇宙大爆炸论有了直接的物理证据。

1983年诺贝尔物理学奖颁发给福勒，因其对核反应的理论研究和试验研究以及对宇宙化学元素分布的解释获得了诺贝尔物理学奖，获奖的论文是1957年B2FH论文《恒星中的元素合成》。他们的研究工作让我们了解从氢元素通过恒星的核反应可以合成现有的各种化学元素。

1983年的诺贝尔物理学奖也颁发给一位印度裔美国籍物理学家和天体物理学家苏布拉马尼安·钱德拉塞卡，以表彰他在恒星结构及其演化的重要物理过程的理论研究。

2006年的诺贝尔物理学奖，颁发给了约翰·马瑟和乔治·斯穆特，因他们领导了「宇宙背景探测者」太空探测卫星的计划，并且表彰他们在宇宙微波背景辐射的黑体形式和各向异性上的发现。宇宙背景探测者在1989年11月18日由戴尔他火箭发射进入太阳同步轨道。他们的研究工作更进一步的证实了宇宙大爆炸论。

2011年的诺贝尔物理学奖，颁发给了伯尔马特，施密特，和里斯，他们在1998年主持了超新星宇宙学计画（Supernova Cosmology Project），是应用来自Ia超新星的红移资料研究宇宙膨胀速度，研究结果显示宇宙在加速膨胀。

2013年的诺贝尔物理学奖，颁发给了恩格勒和希格斯，以奖励他们对于“次原子粒子质量的生成机制理论，此发现促进了人类对这方面的理解，并且最近由CERN属下大型强子对撞机的超环面仪器及粒子侦测器发现的基本粒子证实。”用新闻上的说法是，他们发现了上帝的粒子，解释了没有质量的基本粒子如何能转换成有质量的基本粒子。

从这一系列的诺贝尔奖颁发给跟大爆炸论有关的研究成果来了解，在 21 世纪初，大爆炸论的宇宙模式已经被主流科学家所接受。

大爆炸论认为宇宙的空间及时间都有一个开始，通过宇宙开始的大爆炸产生了氢和氦的元素，之后星系形成后，通过恒星的核反应产生了所有其他的化学元素，宇宙背景辐射的发现证实了大爆炸的存在，太空卫星的观测计算出来的宇宙年龄是 137 亿年左右。有关于宇宙大爆炸论的问题，大致上都解决了，由于近年来发展出更强大的核子加速器，对于原子核有更多的了解，另外各种天文观测的新发现，使得大爆炸论更完整，但是也有更多不能了解的问题，在下面几章中会谈谈到这些。

❖—— 第九章 ——❖

罗梅村晚年的岁月

“救主以色列的神啊，你实在是自隐的神。”

以赛亚书

宇宙大爆炸论的故事与探讨

天主教教宗庇护十一世在 1936 年成立了天主教科学院，这个科学院由 70 名院士组成，他们每年开一次数个星期的会议，在这个会议上，院士们向教宗及教会报告最新的科学知识，在这个科学院初成立时，罗梅村就受到邀请担任院士，到了 1960 年，教宗约翰二十三世指派了罗梅村担任科学院院长的职位，罗梅村一直保持了这个荣誉到他过世。

因此罗梅村除了在鲁汶大学的教书和研究，和他的日常的神职人员的工作，他也在教廷里担任了重要的学术谘询工作。罗梅村年轻时喜欢游泳，年老之后喜欢散步，他一直维持了很好的身体健康，罗梅村很喜欢社交，摄影一直是他的一个爱好，无论到那里去，他总是帶著他的照像机。

他一直忠于持守他的基督教信仰，和他的教会，他的好友在为他写的传记中提到，罗梅村不只是注重宗教仪式，他愿意更深的实行基督的教导，就是真正的爱神和爱人，这个实行表现在他对他母亲的孝敬上，他很孝敬他的母亲，自从他的父亲过世后，他一直照顾他的母亲，1951 年，普林斯顿大学高等研究所邀请他去教书，为了照顾母亲他拒绝了。直到 1958 年，他的母亲过世了，他才到国外去参加会议。

罗梅村对待学生也十分友善，他是一个很好的教授。他对中国的文化很感兴趣，他甚至去学了中文，他和另一位神父在鲁汶大学的中国同学里帮了不少忙，也照顾了一些中国留学生。

罗梅村在年轻的时候开始研究爱因斯坦的相对论，他深深的为爱因斯坦理论逻辑的美丽所吸引，以致于他大半生都献身在宇宙物理学的研究上。

爱因斯坦曾经说过“宇宙中最让人不能理解的事情，就是我们可以去理解这个宇宙。”罗梅村则感觉到我们的宇宙是简单的（Simplicity），但是又是非常奇妙的（Strangeness）。

在1950年到1965年间，宇宙物理学的研究近乎于停顿，科学界对于大爆炸论缺少兴趣，有些科学家甚至对于稳恒态的宇宙论感到兴趣，对于这样的情况，罗梅村自然是十分失望的。在这个时候罗梅村的研究兴趣也转向于电脑的应用，他原来就是学数学物理的，这时候，他转去研究数值分析，他也为鲁汶大学建立了电脑实验室。

在霍伊的自传里，他提到在1957年5月到罗马参加一项国际天文会议，开完会之后，他和家人在意大利旅游，罗梅村跟他们一起开车，一同旅游了一段，霍伊形容罗梅村是一个微胖很健壮的人，并且他是一个很幽默很欢乐的一个人。

罗梅村喜欢音乐，钢琴弹奏得很好，每天下了课，回到宿舍，他总是弹奏萧邦或是贝多芬的乐曲自娱，来放松自己的情绪，有时候也会跟另外一位教授弹钢琴和小提琴二重奏。

1964年12月，他到罗马述职，在那里经历了轻微心脏病发作，回到鲁汶大学，住院治疗之后，身体健康一直没有恢复过来，后来又检查出来有白血病，这时候治疗已经太晚了。到了1966年6月罗梅村又住进医院，他的同事又是好友，欧登古德把彭齐亚斯和威尔逊的宇宙背景辐射发现的论文送到医院里，交给了他。宇宙背景辐射的发现，基本上已经证实了大爆炸理论，罗梅村一生努力所提出来的宇宙形成的理论有了收获，两个星期后他平安的过世了。

大爆炸理论从开始的时候，就受到科学家们的质疑，认为罗梅村因为他的基督教信仰的原因才提出这种理论，许多科学家也承认他们反对大爆炸论是因为这个理论似乎暗示了创造论的正确性。

罗梅村怎么看待这个问题呢？他的基督教神学观又是如何呢？罗梅村引用了圣经以赛亚书来解释他的看法。

以赛亚书，第四十五章，第 15 节，“救主以色列的神阿，你实在是自隐的神。”（Truly you are a God who has been hiding himself, the God and Savior of Israel.）

在 1927 年，罗梅村参加索尔维国际物理学会做为一个听众，他利用这个机会去见爱因斯坦，介绍他的宇宙模型和论文，到了在 1958 年索尔维国际物理学会，大会的主题是天文物理，罗梅村受到邀请，成为主讲人之一，大会上，罗梅村对于他的宇宙大爆炸论的假设提出了以下的解释，他认为：

“至于我能看到的，这个理论完全是在玄学或者是宗教的范围之外的。对于物质主义者，他自由的选择不相信上帝，他可认为在时间和空间开始的时候，和在非奇点的任何时空之下的心态是一样的。对于相信上帝的人，他也移开对上帝的假设，好像以前假设上帝搅动以太来影响宇宙。他跟圣经先知以赛亚的话说「**隐藏的上帝**」是一致的，在开始创造时，上帝就是隐藏的。”

基本上，罗梅村认为上帝不能变成科学上的假设，在另外一个演说中，他说：

“基督徒的科学家知道，在所有的创造中没有一样能够没有上帝的，他也知道在上帝所有创造里，上帝也不会出现的，无所不在的上帝的工作基本上是隐藏的，他永远不会把上帝降格到一个科学假设的地位上。”

关于科学研究，罗梅村有下面的看法：

“人类最高的活动就是寻找真理，这个活动让人类跟动物区别出来，而且我们要寻找出各种不同形式的真理……”



1958 年索尔维国际物理学会

（前排坐者的从左边算起第三人 是罗梅村，站著最后一排左边第一人 是霍伊，站著第二排从右边算起第四位和第五位 分别是邦迪·戈尔德）

关于教会和科学的关系，罗梅村有下面的看法：

“教会需要科学吗？当然不需要，十字架的救恩和福音就足够了，但是对于基督徒来说，没有一个人类活动是见外的，教会如何能够对于人类一个最高贵的活动不感兴趣，这个高贵的活动就是寻找真理。”

关于圣经和科学研究，罗梅村引用了圣奥古斯丁的看法：

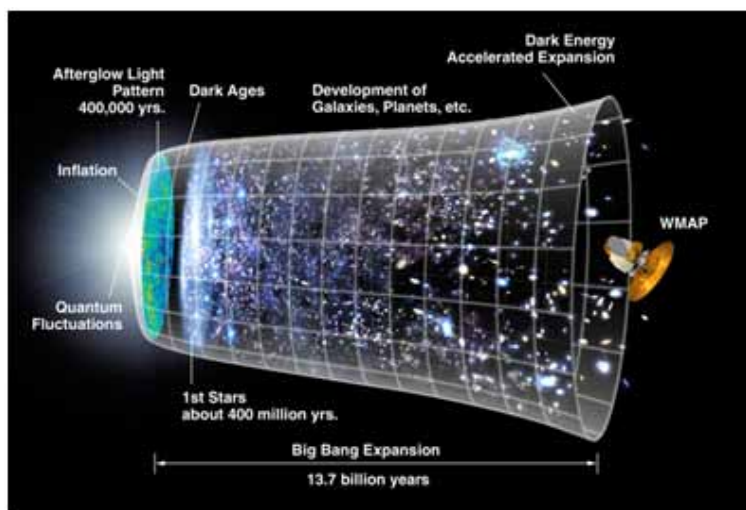
“当圣灵跟圣经的作者说话的时候，圣灵并不愿意告诉人关于人所研究的事物的详细组成，因为这些知识对于救恩并没有益处。”

罗梅村的好友欧登古德在传记中提到，罗梅村认为自己是一个非常幸运的人，他生长在一个很好的时代，可以有机会研究相对论，并且有了天文观测的资料来帮助他的研究，以致于他能提出大爆炸论来解释宇宙的形成，这个理论改变了我们对于宇宙的认识。但是我们也必须承认，罗梅村的基督教信仰和对于圣经的认识，必然影响了他的思维和研究方向。在罗梅村私人的手稿中，他提到了圣经创世记第一章第三节记载了上帝最先创造的就是光，这是很奇妙的事情。

除了1936年被选为天主教科学院院士和1960年担任了天主教科学院的院长外，在1941年，罗梅村被选为比利时皇家科学院院士，1953年，他获得英国皇家天文学会的爱丁顿奖。在2005年的比利时民意调查中，罗梅村被认为有极高的声誉，属于比利时历史伟人之一。

第十章

二十一世纪的大爆炸论



宇宙大爆炸论的示意图

以上的图片是美国太空总署（NASA）的大爆炸论示意图，在大爆炸之后大约 4 亿年左右，星球开始出现，从此以后，星球和星系不断的发展出来，宇宙也不断的扩张开来，科学家还发现宇宙的暗能量，造成宇宙加速的扩张，示意图的最右边是美国太空总署的太空卫星探测器-威尔金森微波各向异性探测器（WMAP）。

宇宙大爆炸论的故事与探讨

宇宙大爆炸论开始于爱因斯坦相对论的预测和天文观测中发现宇宙扩张的事实，自从 1966 年宇宙背景辐射的温度被发现之后，宇宙大爆炸论逐渐的为科学界所接受，后来的宇宙探测卫星所探测到的资料，也进一步提供了大爆炸论的一些证据。

因为原子物理学的发展，还有各种粒子加速器的发展，后续的宇宙大爆炸论的研究，主要是宇宙初始时状态。物质是什么？物质的宇宙是怎样形成的？这些深奥的问题牵涉到高能物理和量子力学，本章深入浅出的来解释近代大爆炸论的研究和发展。

过去几十年来，粒子加速器不断的进步，对于构成物质的基本粒子也有更新的发现。在介绍现在所了解的宇宙大爆炸论，要先介绍一些物理学的观念，欧洲核子研究组织，以及一些最近跟大爆炸论有关的的研究和发现。

宇宙力

宇宙是受四种力量的支配，「重力」或者说「万有引力」应用在物体之间，这当然包括了星际之间的引力作用，「电磁力」把分子结合在一起，最后是控制原子世界的两种核力量，「强核力」把质子和中子结合在一起成为原子核，「弱核力」，可以说是核能另一种来源，主要是核子产生之天然辐射。

基本粒子

基本粒子指人们认知的构成物质的最小最基本的单位。但是因为物理学的不断发展，人类对物质构成的认知逐渐

深入，目前在粒子物理学中，标准模型理论认为的基本粒子可以分为「夸克」、「轻子」、「规范玻色子」和「希格斯粒子」四大类，传统上（20 世纪前、中期）的基本粒子指「质子」、「中子」、「电子」、「光子」和各种「介子」，这是当时人类所能探测的最小粒子。而现代物理学发现「质子」、「中子」、「介子」都是由更加基本的「夸克」和「胶子」构成。

普朗克时期

普朗克时期是物理宇宙学中以马克斯·普朗克为名的时期，是在宇宙历史中最早的时间阶段，从 0 至大约 10^{-43} 秒，在那个时期重力的量子效应是很重要的。普朗克时间也许是最短的时间间隔单位。

从 0 秒到 10^{-43} 秒，普朗克时期，宇宙大爆炸开始发生，一个不可知的原因，造成一个密度无限大的点突然开始膨胀，在这个时候时间和空间卷在一起，没有任何的物理定律可以应用，宇宙 4 种的力量是连合在一起的。

宇宙的年龄

通过观测 Ia 型超新星来测量宇宙的膨胀，对宇宙微波背景辐射温度涨落的测量，以及对星系之间相关函数的测量，科学家计算出宇宙的年龄大约为 137 亿年。这三个独立测算所得到的结果相符。

爱伦·古斯的宇宙早期暴胀模型

爱伦·古斯（Alan Guth，1947 年—），是犹太裔美国理

论物理学家，麻省理工学院教授，宇宙学中暴胀模型的创立者。他在幼年时就表现出在数理方面的天份，1964年古斯进入麻省理工学院就读，先后获得物理学学士和硕士学位，25岁时获得理论粒子物理学博士学位。因为当时寻找教职十分困难，古斯在普林斯顿大学、哥伦比亚大学、康乃尔大学和史坦福直线加速器中心担任博士后研究多年。1979年春天，正在康乃尔大学工作的古斯受到罗伯特·狄克的影响，从此古斯将研究方向转到宇宙学。

1979年，正在史坦福大学工作的古斯形成了有关暴胀的思想，认为宇宙在极早期（大约 10^{35} 秒到 10^{33} 秒）经历了一个短期的加速膨胀阶段，他发现通过宇宙暴胀的理论，视界问题和观测不到磁单极的问题都能够通过暴胀得以解决。暴胀思想一经提出就在宇宙学界引起巨大轰动，1981年古斯正式发表了他的第一个暴胀模型。一时之间，各校都愿意请他担任教职，古斯决定接受麻省理工学院的聘请成为物理系的副教授。

2014年3月18日，有一篇中央通讯社的新闻报导，报导说，哈佛史密森尼天体物理中心宣布一个消息，“借着位在南极的第二代宇宙星系外偏振背景成像望远镜（BICEP2），研究人员经过三年观测分析，从中找到重力波留下的独特波纹，证实重力波的存在。”美国国家航空及太空总署说：“这些发现不仅协助证实宇宙巨幅膨胀的理论，更提供理论学家外力迫使时空分离的首批线索”。这项发现被誉为25年来宇宙探索最重大的发现，重要性足以得到诺贝尔奖，最年轻的研究团队成员是来自台湾的物理学家。

电子伏特

电子伏特 (electron volt)，简称电子伏，符号为 eV，是能量的单位，代表一个电子经过 1 伏特的电位差加速后所获得的动能。将粒子的能量从电子伏特转换到凯氏温度时，要乘以 11,605，即 $1\text{eV}=1.16\times 10^4\text{K}$ (K 是凯氏温度)。这种记法常用于高能物理 (粒子物理学) 等领域，仅仅是为了方便而已。

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

$$1 \text{ 百万电子伏} = 1 \text{ MeV} = 10^6\text{eV} = 1.16 \times 10^{10}\text{K}$$

$$1 \text{ 十亿电子伏} = 1 \text{ GeV} = 10^9\text{eV} = 1.16 \times 10^{13}\text{K}$$

$$1 \text{ 万亿电子伏} = 1 \text{ TeV} = 10^{12}\text{eV} = 1.16 \times 10^{16}\text{K}$$

欧洲核子研究组织

在这里也介绍欧洲核子研究组织，通常被简称为 CERN，是世界上最大型的粒子物理学实验室。它成立于 1954 年，它的主要功能，是为高能物理学研究的需要，提供粒子加速器和其它基础设施，以进行许多国际合作的实验。同时也设立了资料处理能力很强的大型电脑中心，协助实验数据的分析，供其他地方的研究员使用，形成了一个庞大的网络中枢。欧洲核子研究组织现在已经聘用大约三千名的全职员工，并有来自 80 个国籍的大约 6500 位科学家和工程师，代表 500 余所大学机构，在 CERN 进行试验。CERN 的研究项目有很多关于宇宙科学及大爆炸论。CERN 的大型强子对撞机 (Large Hadron Collider，缩写：LHC) 在 2015 年的实验中，可以把能量提高到 14TeV。

杨 - 米尔斯规范场理论

杨振宁与李政道于 1956 年共同提出宇称不守恒理论，因而分享 1957 年诺贝尔物理学奖。此外杨振宁在 1954 年与罗伯特·米尔斯发表了现今使用的杨 - 米尔斯规范场理论。最初这个构想并不成功，其原因在于杨 - 米尔斯理论的量子必须质量为零以维持规范不变性。如果其作用粒子质量为零，则其作用是长程作用力，然而实验上没有观察到长程力的作用。在那个时代，物理学界对于基本粒子的物理性质并不清楚了解，因此，这个理论在当时并未受到重视。

接续下来的研究发现了规范场论在物理学上的重要性，在于其成功地为量子电动力学、弱相互作用和强相互作用提供了一个统一的数学形式化架构。这套理论精确地表述了自然界的三种基本力的实验预测，并且成为后来粒子物理的标准模形的基础。这是杨振宁在物理学上又一个重要的贡献。

对称性破缺与希格斯机制

对称性破缺 (symmetry breaking) 系指物理学里，在具有某种对称性的物理系统之临界点附近发生的微小振荡，打破了这物理系统的对称性，并且决定了这物理系统的命运。例如当水温降至接近冰点时，水中各处看起来皆相同，因此水系统具有空间上的对称性，此时若某处的温度振荡至低于冰点，便破坏了对称性，且决定了所凝固之冰的结构。

1950 年，俄国物理学者维塔利·金兹堡与列夫·朗道提出金兹堡 - 朗道理论，他们建议，在超导体里，弥漫着一种

特别的场，能够使得光子获得有效质量，但他们并没有明确地描述这特别场。

芝加哥大学教授，日裔物理学家，南部阳一郎于1960年将自发对称性破缺的概念引入粒子物理学。南部阳一郎、杰弗里·戈德斯通等人运用对称性破缺的机制，发现如何从零质量粒子的理论中去得到带质量的粒子的可能性。南部阳一郎于2008年，因发现亚原子物理学中的自发对称性破缺机制，与其他二位日裔科学家共同获得诺贝尔物理学奖。

受到南部阳一郎及其他科学家在对称性破缺机制在粒子物理学的影响，在1964年，恩格勒和希格斯，还有其他的几位科学家，分别提出了希格斯机制，这个理论假定宇宙遍布着希格斯场，能够与某些基本粒子相互作用，利用对称性破缺使得它们获得质量。希格斯场可以比拟为一池的蜜糖，黏着于无足轻重的小虫子，小虫子的重量自然增加了。同样的，某种尚未带有质量的基本粒子，当这种粒子通过希格斯场的时候，取得能量，会变成带质量粒子。

基本粒子理论的标准模型

1967年之后，基本粒子理论的“标准模型”在许多物理学家的努力下逐渐发展起来。在粒子物理学里，“标准模型”是一套描述强力、弱力及电磁力这三种基本力及组成所有物质的基本粒子的理论。它隶属量子场论的范畴，并与量子力学及狭义相对论相容。到目前为止，几乎所有对以上三种力的实验的结果都合乎这套理论的预测。由于基本粒子和基本力形成了物理世界，所以，除了引力以外，标准模型可以合理解释这世界中的大多数物理现象。

在粒子物理学中，电弱相互作用（Electroweak Interaction）是电磁作用与弱相互作用的统一描述，而这两种作用都是自然界中四种已知基本力。虽然在日常的低能量情况下，电磁作用与弱作用存在很大的差异，然而在超过统一温度，即数量级在 100 GeV 的情况下，这两种作用力会统合成单一的电弱作用力。因此如果宇宙是足够地热（在大爆炸发生不久以后温度才降至比上述低的水平），就只有一种电弱作用力，不会有分开的电磁作用与弱相互作用。

三位物理学家在电弱相互作用的研究上做出重要贡献。史蒂文·温伯格（Steven Weinberg，1933 年—），出生于纽约的一个犹太移民家庭，获得普林斯顿大学物理学博士。谢尔登·格拉肖（Sheldon Glashow，1932 年—），也是出生于纽约的一个犹太移民家庭，在哈佛大学获得物理学博士。温伯格 1950 年和格拉肖一起毕业于纽约布朗克斯高中，随后他们又一同进入了康奈尔大学，完成了大学教育。穆罕默德·阿布杜勒·萨拉姆（1926 年—1996 年），巴基斯坦理论物理学家。萨拉姆的父亲是贫困农业区教育部门的官员。1950 年他从剑桥大学获得了理论物理学哲学博士学位，他的论文在 1951 年发表。

由于「关于基本粒子间弱相互作用和电磁相互作用的统一理论的，包括对弱中性流的预言在内的贡献」，萨拉姆与谢尔登·格拉肖、史蒂文·温伯格共同获得 1979 年的诺贝尔物理学奖。萨拉姆是首位穆斯林诺贝尔科学奖得主，也是首位巴基斯坦籍诺贝尔奖得主。

夸克模型是由盖尔曼及茨威格于 1964 年所提出的。默里·盖尔曼（Murray Gell-Mann，1929 年—），是美国物理学家，

是因对基本粒子的分类及其相互作用的发现而获得 1969 年诺贝尔物理学奖。乔治·茨威格 (George Zweig, 1937 年—), 美国物理学家及神经生物学家, 因与默里·盖尔曼分别提出夸克模型而闻名。这两位科学家也都是出生于美国的犹太移民家庭。

量子色动力学 (Quantum Chromodynamics) 是一个描述夸克胶子之间相互作用的标准动力学理论, 它是粒子物理标准模型的一个基本组成部份。夸克是构成重子 (质子、中子等) 以及介子的基本单元, 而胶子则传递夸克之间的相互作用, 使它们相互结合, 形成各种核子和介子, 或者使它们相互分离, 发生衰变等。多年来量子色动力学已经收集了大量的实验证据。因为对量子色动力学的研究, 2004 年的诺贝尔奖颁给了三位美国物理学家: 休·波利策 (Hugh Politzer, 1949 年—), 大卫·格罗斯 (David Gross, 1941 年—), 和弗朗克·韦尔切克 (Frank Wilczek, 1951—)。

电弱交互作用理论与量子色动力学在标准模型中合并为一。这些理论都是规范场论。在接下来的物理研究当中, 标准模型所预测的基本粒子都被找到了, 有关的学者都得到了极高的荣誉或是诺贝尔物理奖。

两位荷兰物理学家马丁纽斯·韦特曼 (Martinus Veltman, 1931 年—) 和杰拉德·特·胡夫特 (Gerard Hooft, 1946 年—), 专门探讨了杨-米尔斯理论的重整化。

所谓的重整化 (Renormalization), 是理论物理学家的一种数学方法, 用来移除数学公式中不需要的, 没有物理意义的, 及无穷大的数学解。1971 年胡夫特发表了第一篇论

文，说明如何重整化杨-米尔斯场中质量为零的场。在这之后他们发展了一套称为因次正规化的方法。随后胡夫特的第二篇论文也发表，探讨了杨-米尔斯理论在自发对称破缺之后带质量场的重整化。这篇文章渐渐受到广泛注意，在 1999 年为两人赢得诺贝尔物理学奖。

爱因斯坦后期的研究是建立统一场论，把宇宙四种力量用一个理论描述出来，这个工作没有成功。但是通过规范场的理论，电磁力，强力，弱力被统一起来了，这是杨振宁在物理学上重大的贡献，现在物理学家希望能够把重力也统合起来。

在这里也要介绍国际知名的数学家，陈省身的研究工作。杨振宁在 1983 年提到：在 1944 年，知名的数学家陈省身在普林斯顿大学发表了一篇论文，今天大家公认这篇论文把微分几何学和拓扑学引入了新的境界，几何学的纤维丛（Fiber Bundle）理论中的陈氏级（Chern Class）就是这篇论文推导出来的观念。它不但是划时代的贡献，也是十分美妙的构思。

杨振宁说规范场的方程式很惊人的和几何学的纤维丛观念有密切的关系。1974 年，科学界又发现这些方程式和陈氏级的关系。至于为什么自然界的各种力都要建筑在几何学中的纤维丛观念上，始终是不解之谜。杨振宁十分推崇陈省身在数学上的成就。

在 2010 年以前，根据标准模型的预测，几乎所有的基本粒子都找到了，只剩下希格斯粒子，标准模型预测希格斯粒子需要极高能量的对撞机，并且希格斯粒子出现的时间极短。以下要介绍希格斯粒子的发现。

2013 年希格斯玻色子的发现

恩格勒和希格斯，还有其他的几位科学家，分别于 1964 年提出了希格斯机制，这个理论假定宇宙遍布着希格斯场，能够与某些基本粒子相互作用，利用对称性破缺使得它们获得质量，希格斯玻色子（Higgs boson）是希格斯场存在的明确证据。

希格斯玻色子又称为“上帝粒子”，美国物理学家利昂·莱德曼称呼希格斯玻色子是“上帝粒子”，假若没有希格斯场，则原子无法存在，因为电子的质量会变得极微小，会以光速逃逸出原子的束缚，原子无法存在，这个物质世界无法形成。希格斯场的物理性质是当今粒子物理学的中心问题之一，对我们理解物质的结构极为关键。但是很多科学家并不喜欢这个称呼，他们认为这样称呼太宗教化，并且当初有科学家这样称呼它，只是为引起社会的观注，多争取研究经费罢了。

希格斯玻色子是否存在？这是一个极为重要的基础物理问题，因为找到这个粒子，可以证明希格斯机制的存在。物理学者花费四十多年时间寻找它。美国雷根总统时代曾经要建造大型核子对撞器，但是因为跟苏联做军备竞赛，为了经费的原故而取消了这个研究项目，因此这项研究转到欧洲去了。

至今为止，全世界最昂贵、最复杂的实验设施之一，是欧洲核子研究组织（CERN）的大型强子对撞机（LHC），其建成的主要目的之一就是寻找与观察希格斯玻色子与其它种粒子。LHC 位于瑞士日内瓦近郊，作为国际高能物理学研究之用。LHC 是在一个圆周长为 27 公里的圆形隧道内，

该隧道因当地地形的起伏而位于地下约 50 至 175 公尺之间。隧道本身直径三公尺，位于同一平面上，并贯穿瑞士与法国边境，主要的部份大半位于法国。LHC 已经建造完成，2008 年 9 月 10 日开始试运转，并且成功地维持了两质子束在轨道中运行，成为世界上最大的粒子加速器设施。建造 LHC 的花费超过了一百亿美金。LHC 的建造，就是为了基础科学的研究。

在实验之前，有科学家担心实验的能量太高了，也许会产生黑洞或是其他可怕的物理现象，至于物理学家霍金则打赌说上帝粒子是找不到的。

2012 年 7 月，欧洲核子研究组织宣布，LHC 探测两种新的玻色子，在 125GeV 找到了新的玻色子。2013 年 3 月，欧洲核子研究组织发表新闻稿正式宣布，先前探测到的新粒子确认是希格斯玻色子，具有零自旋与偶宇称，这是希格斯玻色子应该具有的两种基本性质。希格斯和恩格勒在年轻的时候，于 1964 年，分别的提出了希格斯场的论文，在将近 60 年之后，他们的理论终于被实验所证实，在发表会上，两位都出席了，希格斯高兴的流下了眼泪。

2013 年的诺贝尔奖颁发给了弗朗索瓦·恩格勒 (François Englert, 1932 年-) 和彼得·希格斯 (Peter Ware Higgs, 1929 年-)，奖励他们发展了“次原子粒子质量的生成机制理论，促进了人类对这方面的理解，并且最近由欧洲核子研究组织属下大型强子对撞机的超环面仪器及粒子侦测器发现的基本粒子证实”。

宇宙大爆炸论提出在大爆炸刚开始的极短的时间里，宇宙只有光能和热能，并没有物质的存在，后来产生出带有质量的基本粒子，这些基本粒子最终结合成为氢原子，成为构建

宇宙的基本材料。希格斯机制这个理论解释了宇宙从无到有的过程，这是非常奇妙的，这两位科学家所提出的理论是很惊人的，他所启发的科学，神学，和哲学的意义都是很深远的，因此称呼这个粒子是上帝的粒子是有道理的。

彼得·希格斯 1932 年出生在英格兰，他在伦敦国王学院获得物理学位，后来在爱丁堡大学任教，在 1980 年成为爱丁堡大学教授。他在 1983 年成为英国皇家学会会员，并在 1984 年获得拉塞福奖。1996 年退休成为爱丁堡大学荣誉教授。

弗朗索瓦·恩格勒 1932 年出生于比利时的一个犹太家庭，恩格勒是第二次世界大战中犹太人大屠杀的幸存者。在第二次世界大战时，由于德国占领了比利时，他被迫隐瞒他的犹太裔身分，躲藏在孤儿院与儿童之家，时常逃躲于各个比利时小镇。后来美军击退德军，他因此获得自由。

1955 年，恩格勒从法语布鲁塞尔自由大学毕业，获得学士学位。毕业后，他选择留在学校继续攻读博士。1959 年得到博士学位。同年他成为康乃尔大学的副研究员，1960 年，恩格勒升迁为助教授。1961 年，恩格勒返还比利时，任教布鲁塞尔自由大学，1964 年，恩格勒擢升为正教授。1998 年，恩格勒成为荣誉退休教授。

大爆炸论对于宇宙产生的描述

罗梅村通过过广义相对论将宇宙的膨胀进行时间反演，则可得出宇宙在过去有限的时间之前曾经处于一个密度和温度都无限高的状态，这一状态被称为奇点，在奇点的状态下广义相对论理论在这里不适用。时间开始之前，没有人知道那是一种什么状态。

时间从 0 秒到普朗克时间 (10^{43} 秒) 发生了些什么事, 也没有人知道, 今天猜测宇宙开始于比大头针尖还要小的一个球体里, 温度却达到 10 的 32 次方那么高, 大约在膨胀进行到 10^{37} 秒时候, 产生了一种相变使宇宙发生暴胀, 在此期间宇宙的膨胀是呈指数增长的。

当暴胀结束后, 宇宙走到大约在 10^{32} 秒的时候, 宇宙的膨胀, 使宇宙稍稍的减低了密度和热度, 此时最早的基本粒子出现了, 它们是夸克, 电子, 中微子, 和光子。粒子出现的同时, 反粒子也同时出现, 反粒子和粒子有相同的特性, 但它们的电荷是相反的, 粒子和反粒子互相碰撞, 变为光子, 光子又变为一对对的粒子, 反粒子。如果粒子和反粒子一样多, 宇宙的发展就会就此打住, 而物质和反物质一起毁灭, 只剩下一个没有基本粒子, 没有星球, 而只有光的宇宙, 但是这时候有奇迹出现, 真空中每出现十亿个反粒子, 就有十亿加一个粒子出现, 每十亿个粒子和反粒子毁灭掉而成为十亿个光子后, 就会有一个物质的粒子存留下来。

随着宇宙的膨胀速度和温度进一步的降低, 粒子所具有的能量普遍开始逐渐下降。当能量降低到 1 太电子伏特 (10^{12} eV) 时产生了对称破缺, 这一相变使基本粒子和基本相互作用形成了当今我们看到的样子。

宇宙诞生的 10^{11} 秒之后, 大爆炸模型中猜测的成分就进一步减少了, 因为此时的粒子能量已经降低到了高能物理实验所能企及的范围。

当宇宙走到百万分之一秒时 (10^6 秒), 宇宙已经膨胀到太阳系那么大了, 这个时候, 夸克首先三个三个的结合, 而产生了质子和中子, 而将这些夸克结合在一起的是强核

作用力，核力量再度介入结合质子和中子形成氢和氦的原子核。这个过程叫做太初核合成。

在大爆炸发生的几分钟后，宇宙的温度降低到大约十亿开尔文的量级，密度降低到大约海平面附近空气密度的水平。往后的 30 万年里，电磁力发生作用，将氢和氦的原子核和电子结合起来成为氢原子和氦原子，这是最简单的物质，也是宇宙中最多的物质，这些原子不再吸收热辐射，因此宇宙逐渐明朗，不再是不透明的云雾。光子开始自由穿越整个空间，而非在电子与质子所组成的电浆中紧密的碰撞。光子开始传播，但由于空间膨胀，导致波长随着时间的推移而增加（根据普朗克定律，波长与能量成反比），光线越来越微弱，能量也较低。这个辐射的遗迹就形成了今天的宇宙微波背景辐射。

有了氢原子和氦原子后，宇宙即有了最基本的构建材料，可以合成为更复杂的化学元素，在重力的帮助下，空间冰冷的荒漠中温热的区域，这些巨大的氢气和氦气的区域就是早期的星系，星系中物质受重力约束，无法参与宇宙扩张的运动，这些氢气和氦气所形成的早期星系，受重力压迫至崩溃后，分裂成上千亿个氢和氦的小云块，这些小云块又在自身的重力作用下形成球状。球的核心中的密度愈来愈大，氢原子和氦原子互相激烈的碰撞，温度上升到数千万度，此时开启了核融合的反应，每 4 个质子连结成为氦核，然后以辐射的方式释放出能量，氦核的质量要比 4 个自由质子的质量要小，因为一部份的质量已经转换为能量以光和热的方式释放出来，这就是恒星发光和发热的原因，由于释放能量，气团停止了收缩，在恒星爆炸的辐射推动，以及恒星重力压缩之间，产生了平衡。

当恒星的核心经过热核子反应耗尽了它的氢气含量后，通过核子的融合，核心就会变成了氦核心，这时候辐射压减弱，重力占上风，接着恒星收缩，氦核心和环绕它的氢层的密度与温度增高，氢层的温度可以达到 1000 万度，于是氢再度燃烧起来，这个燃烧释放出巨大的能量，使恒星过度膨胀，同时恒星的颜色变红，成为红巨星。在这个过程中，氢气逐渐消耗尽了，氦核心再度收缩，温度上升到一亿度，在这时每三个氦核融合成一个碳核，在经过了几百万年的时间里，恒星这个宇宙的加工厂，或者说核子反应炉，制造出氮，氧，镁，铝，硫，铁，等不同的化学元素。

恒星的大小也决定它所能造出来的化学元素，同样的，恒星的大小也决定了它自己的命运，最小的恒星有太阳质量的十分之一，最大的恒星有一百多个太阳的质量。小于或等于太阳大小的恒星在完成核反应后，会逐渐收缩，冷却，最后成为白矮星，黑矮星，在宇宙中运行，在这个过程中，恒星的外层会在太空中扩散，播撒在恒星核子炉中所制造出来的重元素。

一个质量超过五倍太阳的恒星，巨大的质量把完全丧失燃料的恒星，压缩成非常小的状态，继而成为一个超强的重力场，使空间闭合，连光都无法透出，于是恒星形成了黑洞。

至于质量在太阳的 1.4 到 5 倍的恒星，在完全燃烧之后，会受到重力压缩成为中子星，在它的核心崩溃结束后，发生了一场闪光的爆炸，恒星的外层以每秒几千公里的速度炸射到太空之中，因而一个亮点出现在太空之中，这就是超新星。

1987 年 2 月 23 日，天文学家第一次用精密的现代化仪器，观测了一颗超新星，这颗超新星是在距离银河系 15 万光年的大麦哲伦星云里。

在公元 1054 年，中国的天文官发现有一颗新星高悬在天空之中，这个新星异常明亮，一连 23 天的时间内都可以在白天看到，在夜晚可见的时间则持续了一年十个月。此时是中国宋朝，宋仁宗至和元年，因该星星突然出现在天关星（金牛座）附近，中国天文史官称为「天关客星」，现代的天文学家认为它是一颗超新星，今天肉眼已无法见到这颗超新星，用望远镜可以看到微弱的星光，恒星爆炸后的残骸像一只螃蟹，被称为蟹状星云。

这个观察记载在几本中国史籍中：《宋史·仁宗本纪》，《宋史·天文志》，《续资治通鉴长编》，《宋会要》。这里从宋史中摘录一段记载，《宋史·仁宗本纪》：“嘉佑元年三月辛未，司天监言：自至和元年五月，客星晨出东方，守天关，至是没。”

借着超新星的爆炸，恒星这个核子炉所制成的各种物质，才能散布在宇宙之中，成为星系的建筑材料。

从银河系中心到边缘三分之二的地区，有一块星际星云受重力影响收缩了，这块星际气云的核心温度上升到一千万度，继而引起核燃烧，于是一个新的恒星太阳诞生了。一些散布在空间的尘粒开始绕着太阳运转，形成一些美丽的环，在这些环的内部有些质量稍大的尘粒，便依靠自身更大的重力，开始并吞其它的塵粒，当这些尘粒的质量增大时，合并的速度也加快，最后，重力聚集了环内所有的物质，而形成了太阳系的九大行星，还有它们的卫星。

银河系是一个由 1,000 至 4,000 多亿颗恒星、数千个星团和星云组成的系统，它的直径约为 100,000 多光年，中心的厚度约为 15,000 多光年。太阳系属于这个庞大星系的恒星

之一，而我们居住的地球则属于太阳系中的一个行星。过去它被认为与同处于本星系团的仙女座大星系一样，都是旋涡星系，但最新研究指出银河系实际上为一棒旋星系。银河系具有巨大的盘面结构。估计银河系的年龄约为 136 亿岁 (1.36×10^{10} 年)，几乎与宇宙一样老。当前估计的宇宙的年龄为 137.98 亿年。

宇宙目前的密度非常小，其中有 68% 为暗能量，27% 为冷暗物质，剩下的 5% 才是普通物质。宇宙中的原子密度的量级约为每 4 立方米一个氢原子。人们对暗能量和冷暗物质的属性还所知甚少。暗物质吸引普通物质，因此减慢宇宙的膨胀；相反的，暗能量加速宇宙的膨胀。

在宇宙学中，暗物质，是指无法通过电磁波的观测进行研究，也就是不与电磁力产生作用的物质，人们目前只能通过重力产生的效应得知，而且已经发现宇宙中有大量暗物质的存在。

二十世纪七十至八十年代进行的多种观测显示，宇宙中可见的物质含量不足以解释所观测到的星系内部以及星系之间彼此产生的引力强度。这就导致了科学家猜测宇宙中有大量的物质都属于不会辐射电磁波也不会与普通重子物质相互作用的暗物质。如要证实暗物质的存在，需要借助它与其他物质的引力相互作用，但至今还没有在实验室中发现构成暗物质的粒子。在 2014 年 9 月 20 日，世界日报的一个报导中提到华裔物理学家丁肇中所领导的一个跨国研究团队，正在进行阿尔发磁谱仪科学实验计划，寻找暗物质。

在物理宇宙学中，暗能量是一种充溢空间的、增加宇宙膨胀速度的难以察觉的能量形式。1998 年，高红移超新星搜索队观测组发表了 Ia 型超新星的观测数据，显示宇宙在加速膨

胀。该项工作于 2011 年获得诺贝尔奖。暗能量假说是当今对宇宙加速膨胀的观测结果的解释中最为流行的一种。

暗能量现有两种模型：宇宙学常数（即一种均匀充满空间的常能量密度）和纯量场（即一个能量密度随时空变化的动力学场）。罗梅村在 1930 和 1940 年代，都和爱因斯坦谈过保留宇宙常数在相对论的场方程式中，因为他觉得宇宙常数代表一种宇宙真空能量，这是罗梅村在宇宙学上的另一个贡献。

总结来说，今天所知道的大爆炸论是结合理论物理和实验物理所建立起来的一套宇宙形成的理论，大多数的科学家都相信它，现今许多宇宙物理的科研项目还是往这个方向进行，大爆炸论会不会再修正呢？当然是会的。

本节所记的大爆炸论对于宇宙产生的描述，是跟据一些参考书籍，列在参考资料中。有兴趣的读者，可以参阅相关的物理书及论文。在本章的首页附有美国太空总署一张大爆炸论示意图，可以参考。

宇宙的由来与发展总是吸引科学家的研究兴趣。

下面列出一些当今科学家对于宇宙物理学有兴趣的一些研究项目。

(1) 今天的科学仪器和数学模拟分析，可以达到 10^{-15} 秒，在这个时间之前，所发生的情形希望能够利用更强大的粒子加速器的实验去了解，让我们知道宇宙到底是如何形成的。

(2) 到底什么是暗物质？

(3) 到底什么是暗能量？

(4) 能否在实验室中找出暗物质和暗能量？

(5) 是什么原因造成宇宙起始的大爆炸？

(6) 宇宙最终的命运是什么？

现代的物理学家还研究一些题目跟宇宙有关，但是并没有任何实验或证据来支持，这些题目像超弦理论，多重宇宙理论，在此提过。



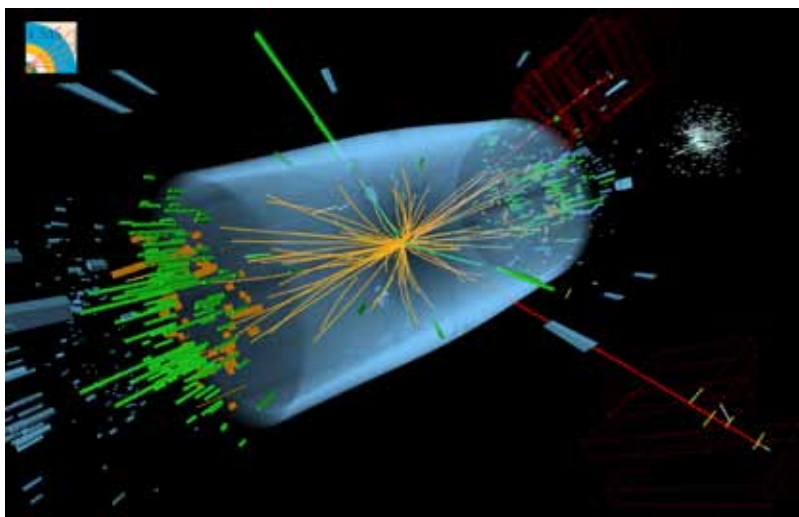
欧洲核子研究组织（CERN）的大型强子对撞机（LHC）



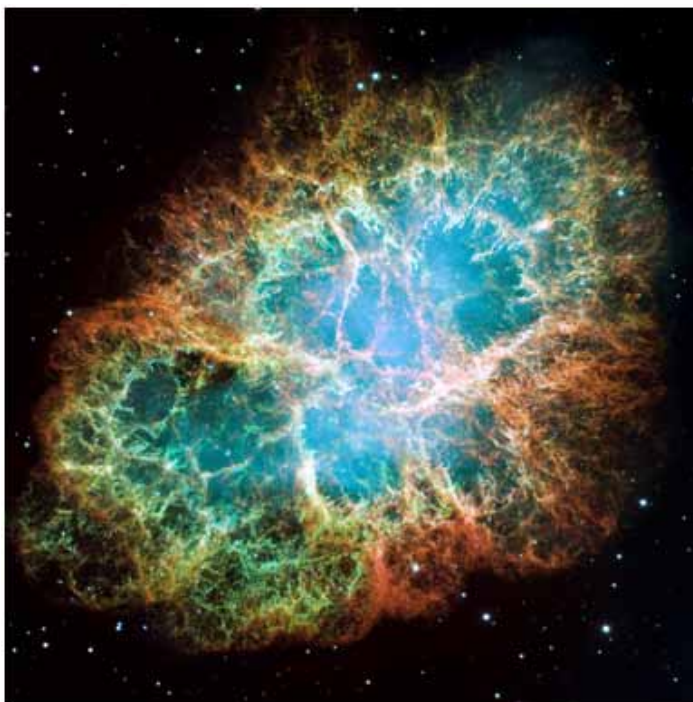
彼得·希格斯在 CERN 的实验室



弗朗索瓦·恩格勒在 CERN 的实验室



在 2012 年寻找希格斯粒子的实验中的一个记录



蟹状星云是一颗恒星爆炸成为超新星之后粉碎的残骸，它的光辉在西元 1054 年抵达地球。中国天文史官称为「天关客星」。恒星所制造出来的各种化学元素，在恒星爆炸后扩散到宇宙之中，成为宇宙的构建材料。

第十一章

宇宙有多大



哈伯太空望远镜所拍照的星系— NGC2841
距离地球 46 百万光年



卡利那星云中心有一颗恒星，质量是太阳的一百倍

太阳系

太阳系是以太阳为中心，和所有受到太阳的重力约束天体的集合体：8 颗行星，依照至太阳的距离，太阳系内的行星依序是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星和海王星。8 颗行星中的 6 颗有天然的卫星环绕，除了 8 大行星外，太阳系至少有 165 颗已知的卫星、5 颗已经辨认出来的矮行星和数以亿计的太阳系小天体。光的速度是每秒钟 30 万公里，或是每秒钟 18 万英里，太阳光照射到地球要 8 分钟，离太阳系最远的行星冥王星，距离地球是 5.2 光时。太阳在恒星演化的阶段正处于“壮年期”，尚未用尽在核心进行核融合的氢。太阳的亮度仍会与日俱增，早期的亮度只是现在的 75%。计算太阳内部氢与氦的比例，认为太阳已经完成生命周期的一半，在大约 50 亿年后，太阳将变得更大与更加明亮，但表面温度却降低的红巨星，届时它的亮度将是目前的数千倍。



太阳系示意图

银河系

哈伯发现了宇宙中无数的星云其实都是独立的星系，像我们所在的银河系一样，我们所在的银河系，是一个由1,000至4,000多亿颗恒星，数千个星团和星云组成的棒涡星系系统，它的直径约为100,000多光年，中心的厚度约为15,000光年，边缘厚约3000-6000光年。太阳系属于这个庞大星系的恒星之一，而我们居住的地球则属于太阳系中的一个行星。

银河系是一个中间厚，边缘薄的扁平盘状体。他的主要部分称为银盘，呈漩涡状。我们的太阳与太阳系，正位在科学家所谓的银河的生命带。

太阳环绕银河的轨道大致是椭圆形的，但会受到旋臂与质量分布不均匀的扰动而有些变动，太阳系大约每2.25—2.5亿年在轨道上绕行一圈，可称为一个银河年，因此以太阳的年龄估算，太阳已经绕行银河20—25次了。

可观测的宇宙

宇宙的形状是宇宙学中一个还未解决的问题，但是目前大部份的科学家相信宇宙是平坦的，但是有大质量天体所造成的局部时空褶皱，就像湖面是基本平坦但局部有水波一样。

宇宙有多大呢？这也是一个未能解决的问题，有的天文学家认为宇宙是无限大的，也有科学家认为宇宙是有限的，光速是每秒钟30万公里，所以光速是有限的，物体如果

离地球太远，所发出的光没有足够的时间到达地球，我们就看不见它，但是不代表它不存在。

现在所估算出宇宙的年龄是 137 亿年，因此宇宙的半径大小，至少有 137 亿光年。但是因为宇宙是在膨胀当中，因此宇宙的半径应当大于 137 亿光年。

可观测宇宙是一个以观测者作为中心的球体空间，也就是说物体发出的光有足够时间到达观测者。科学家利用可观测到的宇宙背景幅射来推算可观测宇宙半径。现在计算出来的可观测宇宙半径约为 460 亿光年，在这里面有上千亿个类似我们银河系的星系。



仙女座银河系 距离地球 250 万光年



银河系一 UGC1810 像一朵玫瑰
距离地球 300 百万光年



拥有数十万颗恒星的球状星团照片

❖ ——— 第十二章 ——— ❖

圣经和今日的大爆炸论

“起初 神创造天地。”

创世记

“因为我们的 神乃是烈火。”

希伯来书

“神坐在地球大圈之上，地上的居民好像蝗虫，他铺张穹苍如幔子，展开诸天如可住的帐棚。”

以赛亚书

在本书第四章中简单的介绍了宇宙科学的发展。亚里斯多德和柏拉图开始了西方世界的宇宙观，在那个时候，因着有限的知识和观察，地球为宇宙中心的理论，是可以理解的。到了13世纪时，基督教神学家阿奎那接受了这个理论而成为西方世界主流的宇宙观，不过在详细查考圣经的经文，并没有一处经文告诉人类，地球是宇宙的中心。到了16世纪和17世纪初的基督徒哥白尼和伽利略发现地球绕着太阳运转，因此太阳才是宇宙的中心，为此伽利略还受到天主教的软禁。不过圣经也从来没有说太阳是宇宙的中心。

到了20世纪初，哈佛大学的夏普利发现太阳系在银河系的边缘往中心算起三分之一的地方，夏普利认为银河系就是全部的宇宙。1927年，哈伯发现了宇宙有无数的星系，为此夏普利批评了哈伯，认为他的天文资料有问题，不过最终证明有诸多的星系存在于宇宙之中。至于圣经上有没有提到诸多的星系呢？下面会讨论到这个问题。

在中古世纪，欧洲基督教神学家，认为地球是宇宙的中心，理由是接纳了希腊人的天文观，还有根据人类有限的生活经验和观测，在神学方面也有依据，在圣经传道书里记载了下面的经文：

传道书，第一章，第5节，“日头出来，日头落下，急归所出之地。”

另外圣经诗篇里了也有如下的记载：诗篇第十九篇，第5,6节，“太阳如同新郎出洞房，又如勇士欢然奔路。它从天这边出来，绕到天那边，没有一物被隐藏不得它的热气。”

此外别处圣经也有类似记载，根据这些经文，中古时代的神学家认为地球是不动的，其它的星球在转动，太阳必然也是绕着地球转动，伽利略的日心说被看为是异端，但是伽利略认为这些经文是文学上的描述，而非科学上的证明。今天来回顾这段历史故事，伽利略的看法是正确的，虽然他的日心说并不正确。近代的天主教对伽利略的事件，做了反省，在1992年，天主教教宗对于伽利略的事件，做出了道歉，但是教宗也说了，17世纪的神学家是根据当时所有的知识来解释圣经。圣经的解释可能有错，但是圣经的启示并不会错。

当罗梅村提出太初原子论的宇宙学说也遭到许多质疑，甚至被称为大爆炸论，这个意思是带有一点讥笑的意味，但是今天大爆炸论在科学界被广为接受。本书写作的目的是为着介绍近一个世纪在天文物理发展过程中的故事，因为这个故事的发展和圣经的论述有一定的关连，所以在这一章里做一点基督教神学上的探讨。由于有关大爆炸论的英文书籍甚多，电脑网路上的资讯也很容易取得，至于圣经又是普及的书，所以这一切都是公开的资讯，这里所引用的圣经是为读者的参考，所做的探讨希望能引起读者的兴趣和进一步的探索。

圣经对宇宙和科学是有些什么教导和启示呢？提摩太后书，第三章，第16节及第17节是这么说的：

“圣经都是神所默示的、于教训、督责、使人归正、教导人学义、都是有益的、叫人得以完全、豫备行各样的善事。”

根据这段经文，圣经主要是规范信徒的行为，不是研究或是教导科学的书，不过圣经既然是神所默示的，其中所记载的，必然是有道理的，在所有的宗教中，基督教的圣经对于宇宙的来源以及未来有比较清楚的论述。在以下的陈述里，让我们看看大爆炸论的重点是什么，圣经里又记载了些什么。

大爆炸论的重点

大爆炸论是结合了理论物理（相对论，核子物理）及实验物理（粒子加速器，大型天文望远镜，巡天卫星）所建立起来的理论，不过根据现在的大爆炸论和天文物理的发现，我们可以提出以下一些重点。

- (1) 宇宙是有一个开始的。
- (2) 宇宙开始于一个奇点，密度极大，温度极高，体积小。
- (3) 在宇宙最初期时，热能和光能充满在宇宙中。
- (4) 宇宙是由无数类似银河系的星系所组成。
- (5) 宇宙并不是从现有的物质构成的，宇宙乃是从巨大的能量转换过来的。
- (6) 宇宙内可以看见的化学元素的形成，是通过核子合成的过程所制造出来的。
- (7) 宇宙是在一个动态且持续扩张的状态。
- (8) 大爆炸之后的宇宙，形成了星云，从无数没有规律的星云又形成了无数有规范的星系。

圣经里相关的经节

《关于创造和诸天》

创世记，第一章，第1节，“起初 神创造天地。”

(In the beginning God created the heavens and the earth.)

在这节圣经里，提到宇宙是有开始的，时间也是有开始的，并且是由上帝创造出来的，创造和制造不一样，创造是从无到有的过程，圣经是由希伯来文书写成的，中文翻译是“起初 神创造天地”，英文翻译是“起初 神创造诸天和地球”（Heavens and Earth），为何说上帝创造了诸天呢？我们在地球所在的银河系是一个天，到了仙女座银河系看到的是另一个天，现在我们知道在宇宙中有上千亿个星系，我相信在这里圣经启示了在神起初创造时，他创造了诸多的类似于我们所在的银河系的星系，和地球。圣经里的多处经文都提到了诸天的这个辞语。诸天是否已经是上帝启示了我们现在所观测到的诸岛宇宙或者说诸多的星系？

《关于光能和热能》

创世记，第一章，第3节，“神说、要有光、就有了光。”

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

希伯来书，第十二章，第29节，“因为我们的神乃是烈火。”（for our “God is a consuming fire.”）

根据宇宙大爆炸论，宇宙诞生的 10^5 秒的时候，宇宙的温度是一千（1,000）亿度，真是难以想像的熊熊烈火，之后在宇宙早期的30万年里，宇宙充满了热能和光能，而圣经创世记告诉我们，神最先造的就是光。圣经说神是烈火，圣经很明显的告诉我们神的属性里是有大能量的。

2013年希格斯玻色子的发现，让我们了解宇宙从起初没有质量的光能和热能中，产生了有质量的基本粒子，从这些基本粒子，组成质子，中子，进一步组成氢原子，再通过恒星核合成的过程，形成各种元素，并且形成这个可见的宇宙，这是一个从无到有的过程。

《关于宇宙的扩张》

以赛亚书，第四十章，第22节，“神坐在地球大圈之上，地上的居民好像蝗虫，他铺张穹苍如幔子，展开诸天如可住的帐棚。”（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.）

以赛亚书，第四十二章，第5节，“创造诸天，铺张穹苍，将地和地所出的一并铺开，赐气息给地上的众人，又赐灵性给行在其上之人的神耶和华，他如此说，”（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:）

以赛亚书，第四十四章，第24节，“从你出胎，造就你的救赎主耶和华如此说，我耶和华是创造万物的，是独自铺张诸天，铺开大地的。（谁与我同在呢）”

（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,）

以赛亚书，第四十五章，第 12 节，“我造地，又造人在地上。我亲手铺张诸天；天上万象也是我所命定的。”（It is I who made the earth and created mankind on it. My own hands stretched out the heavens; I marshaled their starry hosts.）

这 4 节圣经明显的指出宇宙不是静态的，上帝亲自把宇宙中的诸多星系扩张开来，这里一再的提出诸天的观念，人类花费了数千年的时间，才发现了宇宙是由无数的星系构成，并且宇宙的诸星系是不断的扩张的。圣经以赛亚书成书于公元前 700 年前后，距今 2700 年，可见圣经早已把这样的观念启示给人类了。

《关于物质元素的来源》

希伯来书，第十一章，第 3 节，“我们因著信，就知道诸世界是藉，神话造成的，这样，所看见的，并不是从显然之物造出来的。”（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 节，“因为出于 神的话、没有一句不带能力的。”（For with God nothing shall be impossible.）

这二节圣经很清楚的告诉我们这个世界不是用现成的物质材料建造起来的，是借着神的话所造成的，而神的话是带着能力的，如此看来，这和科学界所发现的太初核合成和恒星核合成的观念并无冲突，我们现在所看到的一切物质，都是从能量转换过来的，而不是原来就存在的。

2013 年的诺贝尔物理奖是颁给了两位科学家奖励他们发现了次原子粒子质量的生成机制理论，解释了没有质量的基本粒子如何能转换成有质量的基本粒子。今天的科学发现证实了宇宙并不是从显然之物造出来的，这物质世界的产生是一个从无到有的过程。

《关于星系的形成》

以赛亚书，第四十章，第 26 节，“你们向上举目，看谁创造这万象，按数目领出，他一一称其名，因他的权能，又因他的大能大力，连一个都不缺。”（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.）

约伯记，第三十八章，第 31-32 节，“你能系住昴星的结么、能解开参星的带么。你能按时领出十二宫么、能引导北斗和随他的众星么。”（Can you bind the chains of the Pleiades? Can you loosen Orion's belt? Can you bring forth the constellations in their seasons?）

大爆炸论告诉我们通过大爆炸，氢和氦产生了，接着氢和氦形成了星云和恒星，恒星内部的核反应产生了各种化学元素物质，恒星爆炸后这些星尘散布在宇宙中，又通过不可知的巧妙过程形成了许多星球，像火星，月球，和地球，地球是特别巧合有生物的存在，又适合于生物的生存。这里引用以赛亚书和约伯记的经文，解释了宇宙星系的形成和运作是倚靠上帝无形的手的管理和支配。

《关于地球的形成》

箴言，第八章，第 22-31 节，“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，并世上的土質，我已生出。他立高天，我在那里；他在淵面的周圍，划出圓圈。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，我在他那里為工師，日日為他所喜愛，常常在他面前踊躍，踊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。

在我们的日常生活中，金子和水的存在是一个十分平常和自然的事情，但是金子和水的出现在地球上却是十分奇妙和神奇的事。

本书前面提到化学元素的形成是由恒星热核子融合所产生出来的，像金子这种重金属是由大质量的恒星在形成超新星时所产生出来的，因此金子在宇宙中是稀有元素。在地球形成时，金子应当是在地层的深处，在地表的金矿并不是在地球形成时就存在的，今天在地球表层的金矿是由含金量很高的慧星或陨石由外太空撞击地表所形成的。同样的情形，水在地球形成时是不存在的，因为地球形成时是十分炽热的，水分无法存在，在地表逐渐冷却后，也是由慧星或陨石由外太空运送到地球来的，这些都是今天科学家的理论和认知。

水是生物和生命生成的重要元素，在太阳系中现在只有在地球上丰富的水资源，科学家一直在寻找水在外星存在的可能性。金子在人类经济和社会活动中扮演了重要的角色。

从科学的角度看，金子和水都是由慧星或陨石从外太空特别安排运送到地球上的，但是箴言书这段圣经告诉我们地球上的一切都是上帝有意的安排和设计，以为人类预备安排合适的住所。

《关于宇宙的年龄》

希伯来书，第一章，第10-12节，“又说、『主阿、你起初立了地的根基、天也是你手所造的，天地都要灭没、你却要长存。天地都要像衣服渐渐旧了，你要

将天地卷起来、像一件外衣、天地就都改变了。惟有你不改变、你的年数没有穷尽。』”

以上的经文提出宇宙是有年龄的，“天地都要像衣服渐渐旧了”宇宙渐渐旧了，并要改变。在宇宙大爆炸理论里，宇宙是有年龄的，太阳也有年龄的，并且这一切都是趋向一个转换的过程。

《关于时间的相对性》

诗篇第九十篇，第4节，“在你看来，千年如已过的昨日，又如夜间的一更。”（A thousand years in your sight are like a day that has just gone by, or like a watch in the night.）

彼得后书第三章，第8节，“亲爱的弟兄啊，有一件事你们不可忘记，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.）

在相对论发表以前，大家都相信时间是绝对的，现在大家了解了时间的相对性，以上两节圣经很清楚的提出了时间相对性的观念。

有关大爆炸论的问题

在大爆炸论被接纳之前，科学界相信宇宙是自有永有的，没有创造，也不会改变，是恒稳的。但是随着很多科学上的发现，比如说宇宙的扩张，宇宙背景辐射，星系的观测，粒子加速器的研究结果，科学界已经放弃了宇宙是自有永

有，恒稳，不会改变的看法。但是在基督徒及非基督徒当中，还是有一些关于大爆炸论的问题，以下有一些讨论。

在基督教基要派里，有一种看法，认为宇宙是上帝在瞬间创造出来了，因此不需要大爆炸论，这样的假设简化了很多问题。另外也有基督徒认为在创世记第一章里记载了上帝用6天创造了世界，大爆炸论说宇宙的年龄有137亿年，这是不能接受的。

圣经里头，并没有找到上帝瞬间创造出宇宙和世界的教导，在诗篇里有一句话说，上帝一吩咐便都造成，经文如下：

诗篇，第一百四十八篇，第3-5节，“日头月亮，你们要赞美他！放光的星宿，你们都要赞美他！天上的天和天上的水，你们都要赞美他！愿这些都赞美耶和華的名！因他一吩咐便都造成。”

然而圣经创世记中记载的是上帝6天的创造和1天的安息。

创世记，第一章，第14-19节，有一些重要的启示有关于上帝创造的次序和时间的定义，经文记载如下：

上帝说：「天上要有光体，可以分昼夜，作记号，定节令、日子、年岁，并要发光在天空，普照在地上。」事就这样成了。于是上帝造了两个大光，大的管昼，小的管夜，又造众星，就把这些光摆列在天空，普照在地上，管理昼夜，分别明暗。上帝看著是好的。有晚上，有早晨，是第四日。

这段圣经启示我们，神对于星星和星系的创造是有先后次序的，太阳系是在创世记里第四天才完全造好了。今

天的科学界认为太阳系是在银河系生成后几十亿年才产生的，在太阳系内，月球的出现是在地球生成之后的，时间的差距有千万年之久，圣经的启示和科学的发现是相同的，因此瞬间创造论并不合圣经的启示和科学的发现。

第二个重要的启示是时间的定义，时间的定义到底是什么，我们并不明白，今天的一天是太阳系形成后，根据地球自转一周的时间而定，在太阳系形成之前，时间怎么定义，我们并不知道，在上帝的时间座标中，时间怎么定义，我们也不知道。这段圣经告诉我们，太阳系是在创世记里第四天才完全造好了，节令，日子，和年岁都在创造第四天才定下来，我们所经历的 24 小时地球日是在第四天才有的，如此看来，创世记中所记载的六天创造的时间是在上帝的时间座标系统，而非人间的时间座标。海莱博士所着的圣经手册中也解释了创世记的七日，他的解释如下：「这些日子究竟是指 24 小时的一日或是七个相连的长时期，我们不知道。这日字有许多不同的意思。」

今天从科学的理解来看这七天应该是七个长时期，但是在上帝的时间座标里是七天，因为主看一日如千年，千年如一日。在一百年以前，要想这样去理解圣经是很困难的，因为大家都相信时间是绝对的，但是爱因斯坦提出相对论之后，解开了时间的奥密，我们现在知道时间是相对的。

关于圣经创世记的解释，有一个理论称为间隔论，认为在创世记第一章第一节，上帝就完成了宇宙的创造，但是因为这个世界被毁坏了，创世记第一章第二节开始上帝在地球上的恢复。间隔论在 1909 年受到英国解经家司可福的引用，而影响了许多基督徒，因为在解释其他的经文上有困难，在科学上也讲不通，在西方教会早已放弃这个理论。

另外有关大爆炸的问题是奇点的问题，许多基督徒，非基督徒，以及一些科学家，都十分怀疑宇宙如何能够从一个奇点扩张出来而成为如此巨大的宇宙。

其实奇点只是科学理论上的假设，爱因斯坦的场方程式证明宇宙是扩张的，天文学的观测也告诉我们宇宙是扩张的，跟据这些事实，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，时间和空间总有一个起始点，在科学理论上我们称为奇点，今天的大爆炸论假设在起初的那个时刻，有极大的能量从奇点释放出来，最终形成我们现在的宇宙。

宇宙大爆炸之前是什么状态，是什么导致了宇宙大爆炸，没有科学家知道，我们相信起初上帝创造了天地，上帝是宇宙大爆炸的精心设计者，在爆炸之后，有一套极其复杂的程序启动，恒星的形成，物质元素的产生，新星系的形成，老星体的衰亡，白矮星，中子星，超新星，黑洞的形成等等。

大爆炸论是过去一个世纪，人类的努力和智慧的发现，是一个非常优雅的理论，因着科学家不断的研究发展，未来我们会有更多对宇宙的了解，对于乐于寻找宇宙真理的人，下面一段圣经给了我们一个勉励。

哥林多前书，第十三章，第12节，“我们如今仿佛对著镜子观看，模糊不清，到那时就要面对面了。我如今所知道的有限，到那时就全知道，如同主知道我一样。”

圣经和科学

创世记第一章是圣经中也是基督教信仰中最引人注目的一段经文，它记载了宇宙的创造，地球的创造，生物的创造，和人的创造，仔细的察考这段经文，再和近代科学研究发现的结果相对照，创世记第一章的记述和科学的发现是一致的，唯一的争论是圣经说上帝创造这一切。创世记第一章记在下面请读者参考。

起初，上帝创造天地。

地是空虚混沌，渊面黑暗；上帝的灵运行在水面上。

上帝说：「要有光」，就有了光。

上帝看光是好的，就把光暗分开了。

上帝称光为「昼」，称暗为「夜」。有晚上，有早晨，这是头一日。

上帝说：「诸水之间要有空气，将水分为上下。」

上帝就造出空气，将空气以下的水、空气以上的水分开了。事就这样成了。

上帝称空气为「天」。有晚上，有早晨，是第二日。

上帝说：「天下的水要聚在一处，使旱地露出来。」事就这样成了。

上帝称旱地为「地」，称水的聚处为「海」。上帝看著是好的。

上帝说：「地要发生青草和结种子的菜蔬，并结果子的树木，各从其类，果子都包著核。」事就这样成了。

于是地发生了青草和结种子的菜蔬，各从其类；并结果子的树木，各从其类；果子都包著核。上帝看著是好的。

有晚上，有早晨，是第三日。

上帝说：「天上要有光体，可以分昼夜，作记号，定节令、日子、年岁，并要发光在天空，普照在地上。」事就这样成了。

于是上帝造了两个大光，大的管昼，小的管夜，又造众星，就把这些光摆列在天空，普照在地上，管理昼夜，分别明暗。上帝看著是好的。

有晚上，有早晨，是第四日。

上帝说：「水要多多滋生有生命的物；要有雀鸟飞在地面以上，天空之中。」

上帝就造出大鱼和水中所滋生各样有生命的动物，各从其类；又造出各样飞鸟，各从其类。上帝看著是好的。

上帝就赐福给这一切，说：「滋生繁多，充满海中的水；雀鸟也要多生在地上。」

有晚上，有早晨，是第五日。

上帝说：「地要生出活物来，各从其类；牲畜、昆虫、野兽，各从其类。」事就这样成了。

于是上帝造出野兽，各从其类；牲畜，各从其类；地上一切昆虫，各从其类。上帝看著是好的。

上帝说：「我们要照著我们的形像、按著我们的样式造人，使他们管理海里的鱼、空中的鸟、地上的牲畜，和全地，并地上所爬的一切昆虫。」

上帝就照著自己的形像造人，乃是照著他的形像造男造女。

上帝就赐福给他们，又对他们说：「要生养众多，遍满地面，治理这地，也要管理海里的鱼、空中的鸟，和地上各样行动的活物。」

上帝说：「看哪，我将遍地上一切结种子的菜蔬和一切树上所结有核的果子全赐给你们作食物。」

至于地上的走兽和空中的飞鸟，并各样爬在地上有生命的物，我将青草赐给它们作食物。」事就这样成了。

上帝看著一切所造的都甚好。有晚上，有早晨，是第六日。天地万物都造齐了。

到第七日，上帝造物的工已经完毕，就在第七日歇了他

一切的工，安息了。

上帝赐福给第七日，定为圣日；因为在这日，上帝歇了他一切创造的工，就安息了。

生活在 21 世纪的今天，我们都注意到心血管疾病的严重性，在食物当中高胆固醇的脂油类食物，是应当避免的，这是近代医学的发现，但是在圣经利未记的记载里，上帝已经告诉犹太人不可吃动物脂油，利未记是在公元前 1400 左右写的，距离今天有 3400 年了，在那个时候圣经就能提供犹太人这么好的健康知识，那是十分惊人的，圣经原文记在下面。

旧约圣经，利未记，第七章，第 22-23 节，“耶和华对摩西说、你晓谕以色列人说、牛的脂油、绵羊的脂油、山羊的脂油、你们都不可吃。”

关于地震的问题，人类也探索了很多年了，一直不得其解。地震是一个神秘的现象，1909 年克罗埃西亚地震学家莫霍洛维奇发现地壳与地幔的交界，即莫霍界面。1915 年大气学家伟格纳根据地质证据，提出大陆漂移学说，因缺乏漂移的动力来源而不被接受。1929 年英国地质学家霍姆斯相信大陆地壳下的热对流是造成大陆分裂和飘移的原因，首次提出聚合与张裂的想法。1954 年日本地震学家和达清夫与美国地质学家班尼奥夫发现连接海沟与火山岛弧底下的震源分布，有一向内陆倾斜的带状区域（班尼奥夫带），为板块构造学说想法的先驱。

经过近代科学家的研究，现在大家了解地震是由于地壳板块的断裂或移动造成的，断层附近容易有地震，而圣经撒迦利亚书，早已记载了一段经文如下：

旧约圣经，撒迦利亚书，第十四章，第4-5节，“那日，他的脚必站在耶路撒冷前面朝东的橄榄山上，这山必从中间分裂，自东至西，成为极大的谷，山的一半向北挪移，一半向南挪移。你们要从我山的谷中逃跑，因为山谷必延到亚萨，你们逃跑，必如犹大王乌西雅年间的人逃避大地震一样。”

这一段圣经很清楚的描写了地震发生时的现象，地层断裂并且滑动，撒迦利亚书写于公元前300年，距离今天也有2300年了。

圣经的文学

圣经诗篇第19篇，提到了上帝的荣耀显现在诸天（宇宙）之中。上帝是隐藏的也是不能被看见的，但是在宇宙的规律中，我们看见了神的手段和荣耀，宇宙是宁静的，无言无语可听，在一片宁静当中，因为认识了宇宙的奇妙和星系各样规律的运行，我们听见了神的话（神的道）传遍天下。

诸天述说上帝的荣耀；穹苍传扬他的手段。

这日到那日发出言语；这夜到那夜传出知识。

无言无语，也无声音可听。

它的量带通遍天下，它的言语传到地极。上帝在其间为太阳安设帐幕；

太阳如同新郎出洞房，又如勇士欢然奔路。

它从天这边出来，绕到天那边，没有一物被隐藏不得它的热气。

耶和华的律法全备，能苏醒人心；耶和法的法度确定，能使愚人有智慧。

耶和华的训词正直，能快活人的心；耶和法的命令清洁，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。

誰能知道自已的錯失呢？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、心里的意念在你面前蒙悅納。

一段神秘又有趣的聖經經文

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。」

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，在我這裡有地方，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，却不得見我的面。」

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。這段經文記到這裡，

就停止了，并不告诉我们摩西看见了什么？上帝背后的荣耀又是什么？

圣经如此记载必然是有意义的。多年前我在纽约读书时，有一位牧师解释了这段圣经，他认为在宇宙中，在历史里头，我们看到了上帝完成的工作，这就是上帝背后的荣耀了。我后来察考了解释圣经的书，也是相同的看法。在美国太空总署的网页上，特别是哈伯太空望远镜的网页上，每天都可以看到宇宙中十分壮观的各种景像，有宇宙黑洞的照片，有数千颗恒星聚在一起的照片，真是超乎我们的想像，在这当中，我们岂不是像摩西一样有福气，看见了上帝背后的荣耀？

1992年，美国物理学会在华盛顿举行了特别发表会，斯穆特担任COBE卫星团队的发言人，发表宇宙背景幅射图。斯穆特告诉新闻记者说：我们发现了早期宇宙的最古老最大的结构，它们是宇宙原始的种子，形成了今日的宇宙结构。他接着又说：「很好，如果你们有宗教信仰，这就好像见着了上帝的面容。」按照圣经的教导，更正确地说，我们是看见了上帝背后的荣耀。

本章的结语

天主教教宗方济于2014年10月27日在天主教科学院发表了演讲，教宗认为大爆炸论和进化论并不违背圣经创世记的观念。他还说，「上帝不是魔术师，拿出魔法棒做出一切。祂创造了万物并赋予自主性，让他们根据内在法则的发展，创世后往前迈进了数个世纪和千年，直到我们今天看到的模样。」，这是最近天主教教宗的看法。

近代以来，基督教圣经经常被认为是迷信的，不科学的，在 1859 年，达尔文提出了进化论，认为所有物种都是由进化而来，圣经的创造论是个神话。但是任何一个华美的理论都需要实验来证明，跟现实观测能够印证，进化论提出以来已经 150 多年了，但是缺环（Missing Link）的问题一直没有解决，在实验室中也未能造出有生命的细胞来。主张进化论的学者常认为只要时间够长，生命可以进化出来，但是在太阳系内的行星都和地球有相近的年龄，但是我们并没有发现有生命的存在。

宇宙大爆炸论在这方面，却是不同于进化论，它有实验和观测资料的支持，在本章的讨论中也比较了圣经中有关于宇宙和世界的神学思想和今天的宇宙科学的理论，天文观测的发现，和高能物理的实验发现。从这些比较来看，圣经绝非迷信，圣经和科学也并无冲突。还可以说今天的科学发现印证了圣经的话。

事实上，将近 2000 年前，使徒保罗在圣经中写下了一段让人深思经文，现在记在以下做为跟读者一同的参考和勉励。

罗马书，第一章，第 19-20 节，“上帝的事情，人所能知道的，原显明在人心里，因为上帝已经给他们显明。自从造天地以来，上帝的永能和神性是明明可知的，虽是眼不能见，但藉著所造之物就可以晓得，叫人无可推诿。”

第十三章

结 语



沙漠小城 Borrego Springs 没有光源的干扰
是观看星空的好地方

南加州的气候很好，我住在橙县，晚餐之后，在社区里散步是一天最轻松愉快的时刻。这里有不少小乌鸦飞来飞去，晚上的月亮是挺大的，星星看起来总是稀稀疏疏的，因为在城市里，光源多，星星的光被掩盖了，这时候不禁想起来高中所读过的古诗，曹操写的“月明星稀，乌雀南飞”。

2010年，我到棕榈泉南边的一个小镇出差，小镇叫 Borrego Springs，在山谷之中，乃不毛之地，人口不到二千人，我在那里住了一个晚上，旅馆很好，还有个高尔夫球场。这里没有光源的干扰，看了旅馆的广告，知道他们常有天文的爱好者，来这里观看天象，及流星雨，那天晚上，我到旅馆外面散步，举目观看天象，我是十分惊异，因为从来没有看过如此壮观的宇宙天象，真是满天星斗，银河系清楚得可以分辨，一片星河又像巨轮横在天空，英文称做 Milky Way 是有道理的。自古以来，大家都觉得人事会改变，天上的星星总不改变，宇宙总不改变，北斗七星，牛郎，织女，总是在天上出现。不过人类的智慧和知识进步太快了，科学家们发现了宇宙不断的扩大，并且还有一个开始呢。

二十世纪初，爱因斯坦提出了特殊相对论，告诉了我们质能互变的原理，质能转换是根据能量等于质量乘以光速的平方。他又接着提出了一般性相对论，告诉世人宇宙重力场的原理，宇宙星系的运行是根据相对论的场方程式。

因为望远镜的改进和天文学家努力的观测和研究，在1925年，哈伯发现宇宙是动态扩张出去的，并且宇宙中有无数的类似于我们银河系的岛宇宙。

在1927年，比利时的神父和物理学家罗梅村，根据相对论的场方程式，和哈伯观测到宇宙扩张的事实，反面推算回

去，推演出宇宙应该是有开始的，他称为那是“没有昨日的那一日”。他并且提出了宇宙开始于一个质量极大，体积极小的奇点，宇宙从那里开始扩充出去，时间和空间从此有了开始，这样的一个有开始的动态宇宙模式，后来被称为宇宙大爆炸论。

在罗梅村的研究基础上，伽莫和阿尔菲以及赫尔曼后来又加入了太初核合成的理论。伽莫认为在宇宙大爆炸的时候，大约在宇宙开始的3分钟里，巨大的能量转换成为氢元素和氦元素，从此宇宙有了最基本的元素。

1964年，在贝尔实验室工作的威尔逊和彭齐亚斯，发现宇宙背景微波辐射，这个发现初步的证实了宇宙大爆炸论，接着而来各种实验及巡天卫星的观测，都支持大爆炸论。在2006年，约翰·马瑟和乔治·斯穆特因领导了宇宙背景探测的计画而获得诺贝尔物理学奖，根据诺贝尔奖委员会的看法：「宇宙背景探测的计画可以视为宇宙论成为精密科学的起点。」

霍伊和伯比奇夫妇、还有威廉·福勒，和其他物理学家，提出了恒星核合成的理论，这个理论告诉我们，宇宙一切复杂的元素，都是从氢元素和氦元素，通过恒星这个巨大的核反应炉所制造出来的，如此，宇宙的一切物质都是从巨大的能量转换过来的。

通过这些科学家的努力，宇宙大爆炸论，已经成为了一个完整的，主流的，宇宙物理学的理论。这个发现是这一个世纪里，最重要的发现。今天的科学家发展出各种的大型天文望远镜，甚至有放在太空中运行的望远镜，通过这些先进的

科学仪器的观测，发现我们的宇宙无比的浩瀚，类似于我们的银河系就有上千亿个，每一个星系里竟然有上千亿个像我们的太阳的恒星，而这个宇宙是在不断的扩张的。科学家估算，这个宇宙有 137 亿年的历史。在这个宇宙当中还有很多我们不明白，也看不到的东西，像是暗物质，暗能量。科学家们还在努力研究，将来大爆炸论还会有修正的。

亚里斯多德和柏拉图开始了西方世界的宇宙观，建立起以地球为宇宙中心的理论。13 世纪时，基督教神学家阿奎那接受了这个理论而成为西方世界主流的宇宙观。到了 16 世纪和 17 世纪初的基督徒哥白尼和伽利略发现地球绕着太阳运转。到了 20 世纪，比利时的天主教神父罗梅村提出宇宙大爆炸论。因着圣经的影响，基督教徒对于天文宇宙学是关心的，也因此对于天文宇宙科学的研究发展做出重要的贡献。在本书中所记载的科学家中，犹太裔的科学家占有一半，这也是事实，我相信这跟他们的宗教和文化背景有关。

圣经创世记第一章第一节说“**起初神创造天地**”，这个观念很明显的影响了天主教神父和物理学家罗梅村的研究方向，至终发展出宇宙大爆炸论，目前主流的物理学家，都承认宇宙和时间是有一个开始的。

经过许多天文学家的努力观测和研究，特别是哈伯在无数漫漫长夜的观测中，他发现了宇宙是由无数的银河系所构成，这个宇宙还在动态的扩张出去，这是人类数千年观察的发现。但是基督教圣经的以赛亚书，早已告诉我们上帝把诸天扩张出去。

圣经告诉我们这个世界不是用现成的物质材料建造起来

的，是借着神的话所造成的，而神的话是带着能力的，圣经也告诉我们神就是烈火，如此看来，这和科学界所发现的太初核合成和恒星核合成的观念并无冲突，我们现在所看到的一切物质，都是从能量转换过来的，而不是原来就存在的。核能的发现和利用让我们了解质量可以转换成巨大的能量，2012年希格斯玻色子（上帝粒子）的发现，让我们逐渐了解能量转换成质量的机制。

圣经创世记中告诉我们神用地上尘土造人，今天的科学界认为，我们看到的这一切都是由星尘所合成的。

圣经主要是规范信徒的行为，不是研究或是教导科学的书，但是在所有的宗教中，基督教的圣经对于宇宙的来源以及未来有比较清楚的论述。宇宙大爆炸论和近代物理学的发现和圣经从无到有的创造论不但是没有冲突的，并且是非常相近的。

但是从另一个角度来看宇宙大爆炸论，它从科学上解释了宇宙产生的过程，但是却无法解释为何这些过程会发生，比如说：大爆炸之前是什么状态，谁开始了大爆炸，为何大爆炸之后会产生基本粒子，为何基本粒子通过对称破缺产生质量，最终产生出这个美好的宇宙及现存的物质世界。我们可以说今天从科学的研究和发现来看，这个宇宙的形成确实是一个非常精妙的设计。

这本书介绍了宇宙大爆炸论发展的故事，这是一段很有趣的科学发展史，希望能引起基督徒和非基督徒读者的兴趣，也希望本书的介绍及探讨能给读者带来一些意义。



(Author: Steve Jurvetson)



2015年，NASA为纪念哈伯太空望远镜运行25周年公布的照片，照片中的星团是由3000多个恒星所组成



超新星凯西匹亚合成影像，这个超新星距离地球约一万光年

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 Einstein”, 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, (刘自强译), 创世记, 宇宙的生成, 时报文化出版企业有限公司, 1995
19. 海莱博士, 圣经手册 (Halley’s Bible Handbook), 桑安柱, 滕近辉, 严雅各, 王长新, 薛玉光翻译, 证道出版社, 1951年初版
20. 马有藻, 鲜为人知的宇宙龄, 宇宙大爆炸之谜, 荣主出版社, 1985
21. 潘国驹, 韩川元, 宁拙毋巧 - 杨振宁访谈录, 世界科技出版社, 1988
22. 李志航, 科学对基督教的挑战, 雅歌出版社, 1992
23. 陈久金, 杨怡, 中国古代的天文与历法, 台湾商务印书馆股份有限公司, 1993
24. 里程, 遊子吟 - 永恒在召唤, 海外校园出版, 2010
25. 周铁楼, 从大爆炸看上帝的创造, 中信, 第 52 卷, 第 12 期, 2013
26. 记者王善言, 橙县报导, “宇宙起源解密, 冯孝仁协寻暗物质”, 世界日报, September, 20, 2014
27. 黄雅格, 奇妙的宇宙 - 奇妙的好运, 远东广播公司, 2015
28. 维基百科网站 - <http://zh.wikipedia.org/>
29. All Nobel Prizes in Physics - http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/

本書提要

1905年爱因斯坦提出了狭义相对论，解释了质量和能量互换的原理，1915年他又提出了广义相对论和宇宙重力场的方程式。1929年天文学家哈伯通过天文观测和计算，发现宇宙中有无数的银河系，并且宇宙是在不断的扩张当中。比利时的天主教神父及物理学家罗梅村，根据哈伯所发现的宇宙扩张的事实和爱因斯坦的场方程式，反时间推算回去，他认为宇宙并非是自有永有的，宇宙是有一个开始，宇宙的时间和空间起始于一个质量极大，体积极小的奇点，从这个奇点扩充出来的。这个理论后来经过物理学家加莫，阿尔菲，和赫尔曼的改进，加入了太初核合成的过程，而成为今天广为人知的大爆炸论。因为宇宙背景辐射的发现，大爆炸论得到有利的支持。

过去几十年来，高能物理，量子力学，和粒子加速器不断的进步，对于构成物质的基本粒子也有更新的发现，2013年科学家证实了上帝粒子的存在，让我们了解在宇宙大爆炸初期基本粒子取得质量的机制。今日大爆炸论已经成为物理学主流的学说和研究方向。本书介绍了大爆炸论及近代天文学发展的故事，圣经创世记，第一章第一节说“起初神创造天地”，以赛亚书，第四十章第22节说“神坐在地球大圈之上，地上的居民好像蝗虫，他铺张穹苍如幔子，展开诸天如可住的帐棚”，希伯来书，第十一章第3节说“我们因著信，就知道诸世界是藉，神话造成的，这样，所看见的，并不是从显然之物造出来的。”本书也讨论了大爆炸论跟圣经的关系，以及圣经中一些跟宇宙有关连的经文。