

隐匿的
宇宙：

宇宙は何で
できているのか

田村山齐——著
逸宁——译

用基本粒子揭开宇宙之谜

Hitoshi Murayama

 中国工信出版集团

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

隐匿的 宇宙：

用基本粒子
揭开宇宙之谜

[日]村山齐——著
逸宁——译

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

隐匿的宇宙:用基本粒子揭开宇宙之谜/(日)村山齐著;逸宁译.--北京:人民邮电出版社,2017.7

(图灵新知)

ISBN 978-7-115-45336-5

I. ①隐… II. ①村… ②逸… III. ①粒子物理学—普及读物 IV. ①O572.2-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第073759号

内 容 提 要

本书为著名物理学家村山齐教授关于“宇宙是什么”的畅销科普读物。书中以回答“宇宙由什么组成”以及“我们为什么存在”这两个人类最为原始、朴素的疑问为线索,通过结合最新的基本粒子物理和天体物理研究,用风趣幽默的语言和比喻,从全新的视角讲述了“宇宙的本原结构”和“自然的本原法则”,清晰描绘出了当前人类研究体系下的宇宙整体图景,并讲解了宇宙中“暗物质”“暗能量”等神秘组成部分,是了解自然和宇宙黑暗秘密的科普佳作。

-
- ◆ 著 [日]村山齐
译 逸 宁
责任编辑 武晓宇
装帧设计 broussaille 私制
责任印制 彭志环

- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

- ◆ 开本:880×1230 1/32
印张:6.625

字数:123千字 2017年7月第1版
印数:1-4000册 2017年7月北京第1次印刷

著作权合同登记号 图字:01-2016-6551号

定价:42.00元

读者服务热线:(010)51095186转600 印装质量热线:(010)81055316

反盗版热线:(010)81055315

广告经营许可证:京东工商广登字20170147号

站在巨人的肩上
Standing on Shoulders of Giants



iTuring.cn

站在巨人的肩上 **Standing on Shoulders of Giants**



iTuring.cn

推荐序

中国科学院高能物理研究所研究员 / 曹俊

几千年来，“宇宙的本原”一直是哲学家们思考的主题。屈原的《天问》开篇即是：“遂古之初，谁传道之？上下未形，何由考之？”在他看来，宇宙之初，天地尚未成形，无人亲眼目睹，那又怎能将自然运行之道流传下来？又能用什么方法来考证呢？然而，古人所想象不到的是，现代科学正开始以确凿的证据解开这些谜题。最近三十年来，通过三代卫星实验对宇宙微波背景辐射的观测，科学家们精确地考证出，宇宙诞生于 138 亿年前的一次大爆炸，膨胀至今，可观测宇宙的大小已达四百多亿光年。诞生之初，宇宙充满炽热的高能粒子，它们产生、湮灭、演化，遵循的规律可以在实验室的高能加速器中重现出来。最大的宇宙与最小的粒子在这里神奇地联系到了一起。人们终于从哲学的思考，找到了科学的路径来了解宇宙起源。

然而我们只能说刚“开始”解开这些谜题。每当我们有所发现，新的谜题总会如影随行，留下更多“天问”。宇宙中充满未知的“暗

物质”，是所有看得见的星系总和的五倍，然而粒子物理的“元素周期表”中却没有它们的位置。1998年，通过观测遥远的超新星爆炸，我们得知宇宙不仅在膨胀，而且并未在引力牵引下减速，反而在加速膨胀。使宇宙加速的神秘力量我们称之为“暗能量”。整个宇宙处于一种非同寻常的均匀状态，科学家们普遍相信它曾经历了一次非同寻常的“暴胀”，但还未找到直接证据。2012年终于发现了半个世纪之前预言的希格斯粒子，它赋予所有物质以质量，被称为“上帝粒子”。推动早期宇宙暴胀的力量很可能也来自希格斯粒子，然而这个希格斯粒子又与我们发现的似乎并不太一样。宇宙诞生之初，无尽的能量转化为物质，粒子成对产生、成对湮灭，正反物质应该一样多，但今天的宇宙却由物质主宰，找不到反物质的踪影。同样在1998年发现的“中微子振荡”现象，也许能解释为什么反物质在138亿年前消失，为地球和人类的诞生创造了稳定的条件。

本书的作者村山齐教授在粒子物理和宇宙学上都有极为透彻的理解，不仅是著名的理论物理学家，而且是一位深受欢迎的科普大师，善于把最深奥的东西用最显浅的语言讲明白。无论是学术报告还是科普报告，他的演讲总是能从头到尾抓住听众。本书也是如此，从宇宙的起源，到物质最基本的构成，以及主宰万物的四种力，最后回到宇宙之谜，抛开复杂的数学和枯燥的论证，娓娓道来，引人入胜，只要具备中学的基础就能看懂。

在书中，村山教授对日本科学家在探索这些科学奥秘中的贡献有所侧重，固然有唤起日本读者共鸣的意图，但平心而论，这一连串闪光的名字的确让人心存羡慕，值得我们认真学习，奋起直追。粒子宇宙学是一个蓬勃发展的科学领域，许多新的科学发现正在重塑我们的观念，许多重大科学问题也许会在未来数十年内一一解答。解开这些“天问”的未来科学家，也许正在这本书的读者中。

对不打算从事科学研究的读者，这些关于宇宙和物质本原的前沿科学知识，也是必备的精神财富。正如作者回答“研究这些有什么用”时所说的，“为了让日本变得富足”。不仅是经济上，也包含内心、精神和文化的富足。就像文学和艺术修养一样，科学上的修养，也必然会深刻影响一个人的内心世界。

曹俊

于 2017 年端午

目录

序章 极小又极大的世界 001

1. 宇宙是用数学语言书写的 002
2. 从 10^{27} 到 10^{-35} 的世界 004
3. 世界是一条“衔尾蛇” 010

第1章 宇宙是由什么构成的 013

1. 苹果和行星遵循同样的运动法则 014
2. 苹果皮上的宇宙空间站 016
3. “旅行者号”的20年与“4光时”外的冥王星 018
4. 分析太阳光，就会知晓其结构 020
5. 曾被预言“存在却无法发现”的中微子 022
6. 每秒有数十万亿个中微子穿过我们的身体 025
7. 所有天体的质量仅占宇宙的0.5% 029
8. “暗物质”占据了整个宇宙的23% 031
9. 占据宇宙主体的神秘能量 035
10. 远古的余烬——大爆炸理论的证据 038
11. 宇宙一直在加速膨胀 041
12. 21世纪发现的未解之谜 042

第2章 探寻最终的基本粒子！ 045

1. 日全食证明了爱因斯坦理论 046

2. 为什么能够绘制出不可见的暗物质“地图”	047
3. 观察遥远的宇宙就等于观察过去的宇宙	050
4. 光和无线电波无法通行的“墙壁”	052
5. 从物质的本原追溯宇宙的起源	056
6. 通过撞击电子的波来观测极小的世界	058
7. 量子力学的开端——光是波还是粒子?	060
8. 围绕原子核旋转的电子是波!	063
9. 电子显微镜——缩短电子的波长提升分辨率	067
10. 用粒子加速器构造诞生初期的宇宙	068
11. 我们的身体由超新星爆炸产生的星尘构成	070
12. 卢瑟福的实验验证了原子的土星模型	072
13. 夸克——不可再分割的基本粒子	074
14. “标准模型”是 20 世纪物理学的金字塔	075
15. 第 1 代夸克——“上夸克”与“下夸克”	077
16. 意外发现的神秘基本粒子	078
17. 预言存在 3 代以上夸克的“小林-益川理论”	082
18. 负责传递“力”而非构成物质的基本粒子	085
 第 3 章 揭开“四种力”的神秘面纱——引力、电磁力	 089
1. 引力、电磁力、强力、弱力	090
2. 粒子以投接球方式传递力	095
3. 质量可以转换成能量的大发现	097
4. “质量守恒定律”的破绽与不列颠百科全书编写者的兴奋	099
5. 性质相同、电荷相反的“反物质”	101
6. 太阳的核聚变反应——每秒 50 亿千克的质量转换成能量	103
7. 不确定性原理——位置和速度无法同时测定吗	107
8. 应用到电子技术的“隧道效应”	109

9. 哥本哈根解释——上帝似乎会掷骰子 111
10. 可以“同室而居”的玻色子与彼此“水火不容”的费米子 112
11. 结合原子与原子的力——电磁力 114
12. 电磁力的传递源自粒子吞吐光子 116
13. 电磁力的作用距离取决于不确定性原理 118
14. 物理学史上最精确的理论值 121

第4章 从汤川理论到小林-益川理论——强力、弱力 125

1. 预言了未知粒子及其质量的汤川理论 126
2. 汤川粒子是在安第斯山山顶发现的 128
3. 发现新粒子的热潮令研究者们手足无措 130
4. 如何解释“不会衰变的粒子” 132
5. 质子的寿命要远远长于宇宙的历史 133
6. 奇怪的“奇异数守恒定律” 135
7. 质子与中子由3个夸克构成，介子由2个夸克构成 136
8. 夸克分为3种颜色？无法单独取出夸克？ 139
9. 证明夸克理论的“十一月革命” 141
10. 传递强力的粒子为胶子 144
11. 无法取出夸克的原因在于胶子的色荷 145
12. 因夸克精神饱满而导致体重增加？ 147
13. “弱力”点燃了太阳 148
14. 大型粒子加速器中的月球和TGV 149
15. 传递弱力的W及Z玻色子 151
16. 宇称不守恒的“ τ - θ 之谜” 153
17. 存在本质区别的“左”与“右”！ 155
18. 小林-益川理论解释了“CP对称性破缺” 158
19. 夸克并非只有2代，而是存在3代以上 160

- 20. 日美两国围绕“三角形”展开激烈的实验竞争 163
- 21. 神秘的希格斯玻色子——基本粒子的质量之源? 166
- 22. 右撇子多的原因是“对称性自发破缺”? 168

第5章 暗物质、消失的反物质以及暗能量之谜 171

- 1. 以为接近了目标，却又出现新的谜题 172
- 2. 如果没有暗物质，就不会诞生恒星和生命 173
- 3. “超弦理论”实现“大统一理论”的梦想 175
- 4. 真正的时空具有10个维度? 177
- 5. 哪里会率先检测出暗物质? 179
- 6. 0.25克反物质相当于原子弹的能量 183
- 7. 物质以十亿分之二的微弱优势在生存竞争中险胜反物质 185
- 8. 草莓味还是巧克力味? 中微子振荡的真相 186
- 9. 从东海村向神冈发射中微子束! 189
- 10. 收缩还是膨胀? ——宇宙的终结 191
- 11. 多样的宇宙未来假说 194
- 12. 基本粒子物理学与每个人的人生息息相关 197

后记 199

序章 极小又极大的世界

1. 宇宙是用数学语言书写的

日本东京大学数学物理联合宇宙研究所 (IPMU) 创立于 2007 年 10 月, 我便在这所研究机构担任所长。研究所的名称看似非常严肃, 不过在外国多取其英文首字母, 简称为 IPMU。这种叫法或许稍微拉近了它与人们的距离。名称中的“数学物理联合”指的是数学和物理两门学科的结合。这两门学科携手组合, 恐怕会让一些在初高中不擅长理科的人“敬而远之”。

其实, 并没有什么可怕的。

我们的研究课题, 是任何人都曾想要了解的内容。例如, 小时候仰望浩瀚夜空时, 你可能产生过下面的疑问。

宇宙是如何诞生的?

远方的星辰是由什么构成的?

我们人类为何存在于宇宙之中?

宇宙今后将何去何从?

我们的研究就是尝试解答人类这些单纯而朴素的问题。

自然科学尚未发展的时代， these 问题是哲学家思考的对象。人类对此思索了几千年，但仍存在许多未解之谜。

不过，时代已经发生了翻天覆地的变化。人造卫星、巨型天文望远镜、地下实验设施、粒子加速器等相继问世，近十几年间科学和技术获得了飞跃发展，“科学之力”让我们能够进一步靠近并触碰自然深层的秘密。

近十年来，通过各种各样的实验，宇宙研究领域不断涌现出令人震惊的数据。这些数据使得理论研究也得到了发展，并催生了很多独特的新观点。

我们对宇宙的认知也随之发生了革命性的变化。把目前宇宙理论领域发生的变化，类比为“地心说”向“日心说”的转变也不为过。

顺便介绍一下，提出日心说的伽利略第一次用天文望远镜进行天文观测，要追溯到 1609 年。2009 年被确立为“国际天文年”，就是为了纪念此举 400 周年。

伽利略利用自制的望远镜，发现木星存在 4 颗卫星，这些卫星的运行方式类似于围绕地球旋转的月球。于是他认为，如果木星周围存在旋转的卫星，那么地球围绕太阳旋转也并不稀奇。随后，这成为了他摒弃地心说、提出日心说的根据之一。从这层意义上讲，400 年前伽利略用望远镜观测天空这一举动，对于人类而言可以说

是历史性的瞬间。

著名的天文学家、物理学家伽利略，给我们留下了这样一句名言：

“宇宙是用数学语言书写的。”

也就是说，如果不通过数学，我们就无法理解自然的深层结构和奥秘。

物理学家的宇宙研究与数学“密不可分”，有些读者可能会感到不可思议。不过，正如伽利略所言，如果不借助数学家的力量，就无法解开宇宙之谜。因此，我们打破了数学和物理学的界线，创造了一个共同研究的平台。（不过，我并不会在本书中谈及高等数学的话题，所以请大家放心。）

2. 从 10^{27} 到 10^{-35} 的世界

读完上述内容，想必大家头脑中可能还会浮现出另外一个疑问。

那就是本书的副标题——用基本粒子揭开宇宙之谜。

为什么渺小的基本粒子会与浩瀚的宇宙存在联系呢？

确实，在直观感觉上，“宇宙”与“基本粒子”似乎完全不相关，毕竟两者大小迥异，如有天壤之别。宇宙是世界之极大，而基本粒子是世界之极小。“宇宙研究所”的研究者为什么会提到基本粒子呢？大家产生这样的疑问也是理所当然的。

首先，让我们以身边的物体作为参照物，来思索一下宇宙到底有多小。同时思考极小的基本粒子和极大的宇宙，可以不必过于拘泥细枝末节，让我们用“数字的位数”来大体表示一下。

例如，苹果的直径约为 10 厘米 (0.1 米)。人类的身高要增加 1 位数，在 1 ~ 2 米左右。街上的大厦和公寓的高度要再增加 1 位数，高度大概为几十米。东京塔的高度为 333 米，东京晴空塔的高度约为 634 米。如果换成物理学领域经常使用的表达方式，这两座塔的高度就分别约为 “ 3×10^2 米” 和 “ 6×10^2 米”。日本最高的山峰富士山 (海拔约为 3776 米) 的数字位数则为 “ 10^3 ”。

那么，“承载”富士山的地球的直径有多大呢？地球直径约为 12 000 千米，换算成米的单位之后，数字位数为 “ 10^7 ”，相当于富士山高度的 1 万倍。

地球围绕太阳公转的轨道直径是富士山高度 1 万倍的 1 万倍 (10^{11} 米)。这种级别的数字已经让我们感觉陌生而遥远了。

但是，从宇宙整体来看，这种级别的数字只是沧海一粟，微不足道。