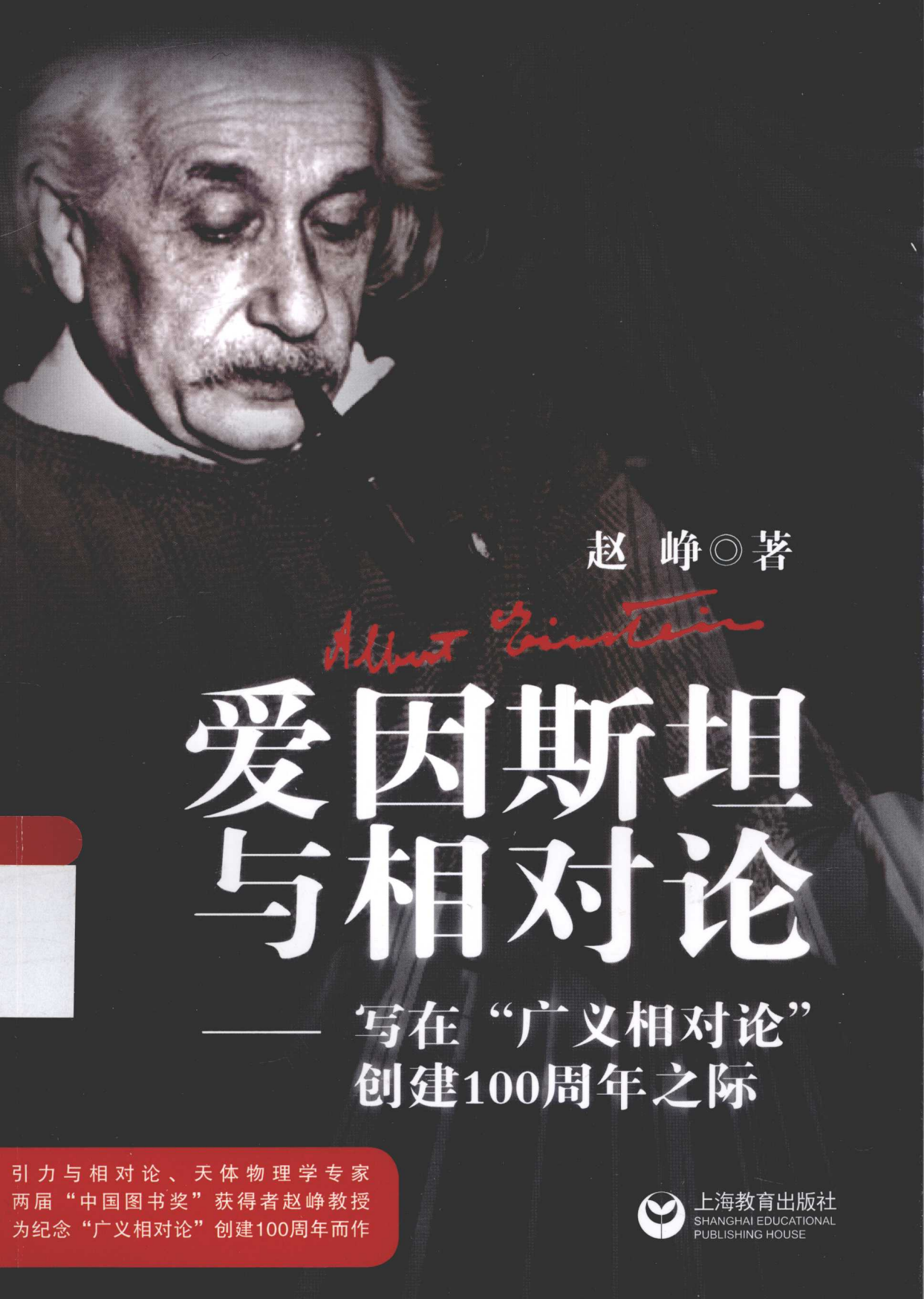




赵 峥◎著

Albert Einstein

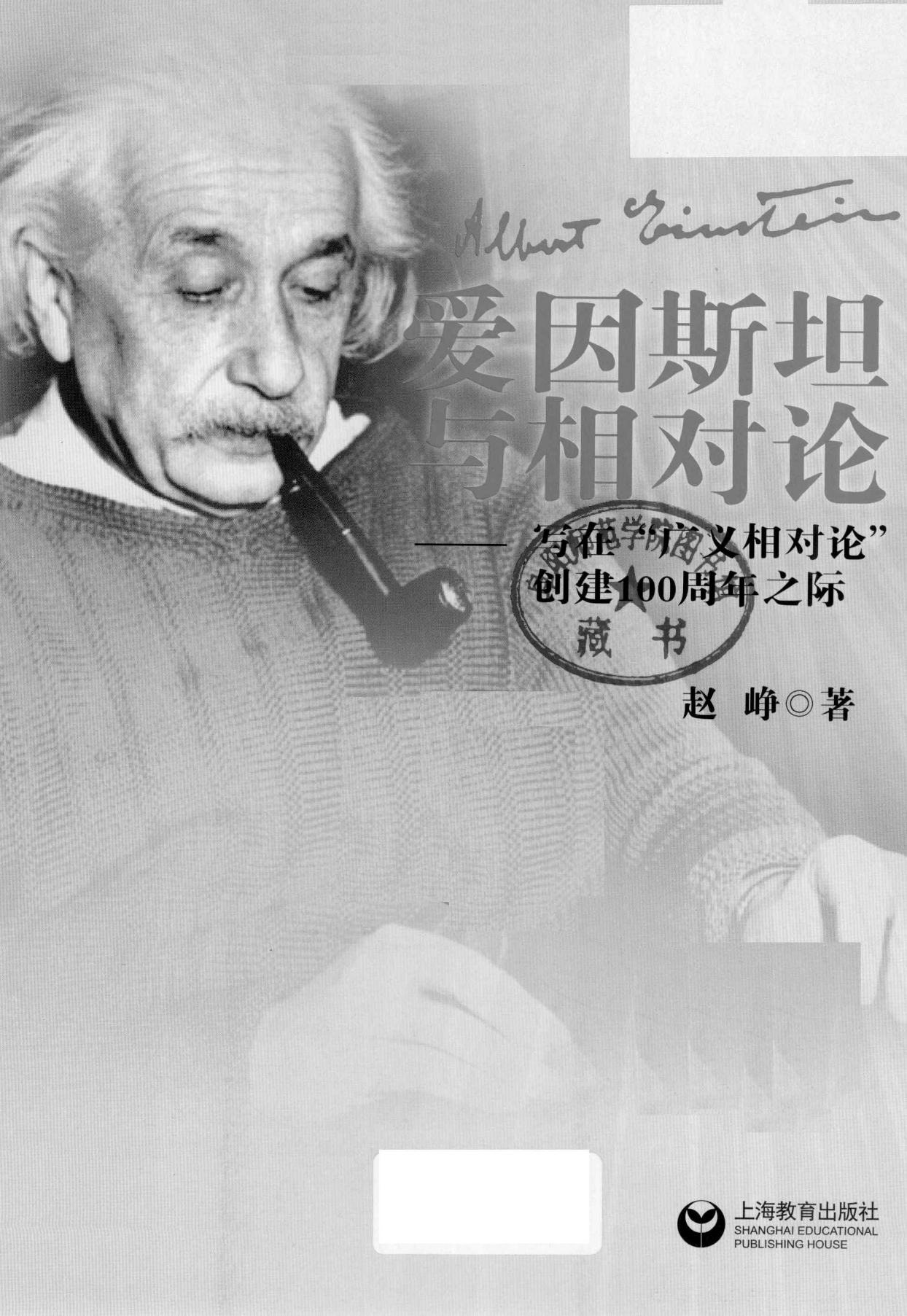
爱因斯坦 与相对论

—— 写在“广义相对论”
创建100周年之际

引力与相对论、天体物理学专家
两届“中国图书奖”获得者赵峥教授
为纪念“广义相对论”创建100周年而作



上海教育出版社
SHANGHAI EDUCATIONAL
PUBLISHING HOUSE



Albert Einstein

爱因斯坦 与相对论

——写在“狭义相对论”
创建100周年之际

藏书

赵 峥◎著



上海教育出版社
SHANGHAI EDUCATIONAL
PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

爱因斯坦与相对论：写在“广义相对论”创建100周年之际 /

赵峥著. —上海：上海教育出版社, 2015.7

ISBN 978-7-5444-6336-2

I. ①爱… II. ①赵… III. ①物理学—普及读物 IV. ①04-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第148643号

责任编辑 隋淑光 严 岷

装帧设计 王 捷

爱因斯坦与相对论

——写在“广义相对论”创建100周年之际

赵 峥 著

出 版	上海世纪出版股份有限公司 上 海 教 育 出 版 社 易文网 www.ewen.co
地 址	上海市永福路123号
邮 编	200031
发 行	上海世纪出版股份有限公司发行中心
印 刷	启东市人民印刷有限公司
开 本	700×1000 1/16 印张 15.5 插页 2
版 次	2015年7月第1版
印 次	2015年7月第1次印刷
书 号	ISBN 978-7-5444-6336-2/N·0005
定 价	35.00 元

(如发现质量问题,读者可向工厂调换)

序 言

2015年是广义相对论创建100周年,也是狭义相对论创建110周年。爱因斯坦认为,广义相对论的创建,是自己一生最重大的成就。他曾经自豪地说:“狭义相对论如果我不发现,五年之内就会有人发现。广义相对论如果我不发现,五十年之内也不会有人发现。”

本书用中学生能看懂的通俗语言,介绍了狭义相对论与广义相对论的建立背景、创建经过、主要内容,及其对量子论和天体物理的重大贡献。内容涉及宇宙演化、引力波、黑洞等诸多方面。还对一些易于产生误解的问题作了明确解答,例如非欧几何是怎么回事,如何理解时空弯曲,“双生子佯谬”是否真实,遥远星系的红移为什么不是多普勒效应,宇宙膨胀为什么没有中心,时间为什么可能有一个开始,还可能有一个结束,等等。

爱因斯坦的广义相对论,可以看作狭义相对论的发展,也可以看作万有引力定律的发展。

人类历史上两位最伟大的物理学家——牛顿和爱因斯坦,都对万有引力的研究作出了重大贡献。牛顿发现了万有引力定律,理清了太阳系内复杂的天体运动;爱因斯坦则认识到万有引力不是一般的力,而是一种几何效应,是时空弯曲的表现,并尝试用广义相对论,对整个宇宙的演化进行科学的描述,促成了人类思想认识上的巨大变革。

本书真实地记述了牛顿、爱因斯坦以及霍金等著名科学家的曲折人生和成才之路,希望对那些渴望不虚度此生,渴望作出科学成就的年青人能有所启发。

作者所在的团队,在创新性教改的工作中,曾与上海教育出版社有过良



好的合作,这也正是催生本书的原因之一。在此谨向所有曾给予帮助和支持的上教社工作人员表示衷心的感谢,并对为本书出版付出辛勤工作的贾立群社长、方鸿辉编审,以及责任编辑隋淑光、严岷两位同志致谢。

作者的科研、教学与写作工作,长期得到国家自然科学基金(如 10373003,10773002 等)和教育部“精品视频公开课”经费,以及北京师范大学教学经费的支持。北京师范大学物理系张明建、项宇轩、蓝善权等研究生曾帮助录入文字及整理书稿,在此一并表示感谢。

赵 峥

2015 年 4 月 15 日于北京

目 录

Albert Einstein

第一篇 爱因斯坦与狭义相对论 \ 1



第一章 并非神童的伟人 \ 3

1. 谁是最伟大的科学家 \ 3
2. 牛顿的不幸童年 \ 5
3. 成功的阶梯——幸遇恩师 \ 7
4. 牛顿的丰收年 \ 8
5. 爱因斯坦的童年 \ 9
6. 启蒙者与启蒙读物 \ 10
7. 不受欢迎的学生 \ 11
8. 阿劳中学——创新的摇篮 \ 12
9. 自主的大学生涯 \ 14
10. 四面碰壁的毕业生 \ 16
11. 发明专利局——空闲、宽容的环境 \ 19
12. 自由探讨的俱乐部——奥林匹亚科学院 \ 21

第二章 乌云从何而来 \ 23

1. 爱因斯坦的丰收年 \ 23
2. 两朵乌云 \ 24
3. 惯性定律的发现与再发现 \ 26
4. 相对性原理——从经验到科学 \ 27
5. 自由落体定律——比萨斜塔上的实验是真的吗 \ 29



6. 斜面实验的“举一反三” \ 30
7. 牛顿的“圣经” \ 31
8. 光是波还是粒子 \ 32
9. 皇家学会的由来 \ 33
10. 神童托马斯·杨——光是波,是横波 \ 34
11. 麦克斯韦——光是电磁波 \ 35
12. 两朵乌云均来自对光的认识 \ 37

第三章 乌云引向的革命 \ 39

1. 第一朵乌云——黑体辐射疑难 \ 39
2. 普朗克的突破——量子论的诞生 \ 41
3. 爱因斯坦的再突破——光量子 \ 43
4. 第二朵乌云——以太导致的疑难 \ 44
5. 天文学中的光行差现象 \ 45
6. 精密的迈克耳孙实验 \ 46
7. 河中的游泳者 \ 47
8. 出人意料的实验结果 \ 48
9. 突发奇想——洛伦兹收缩 \ 49
10. 凑出的洛伦兹变换 \ 50

第四章 难以理解的相对论 \ 53

1. 爱因斯坦理论与洛伦兹理论的区别 \ 53
2. 难以置信的“光速不变原理” \ 54
3. 走向“光速不变”的道路 \ 54
4. 艰难的思考 \ 56
5. 思想的突破 \ 56

6. 同时的相对性 \ 58
7. 动尺收缩 \ 59
8. 动钟变慢 \ 61
9. 速度迭加公式——拒绝超光速 \ 62
10. 双生子佯谬——这是真的吗 \ 63
11. 双生子佯谬有多酷 \ 65
12. 星际飞行员感受到的相对论效应 \ 67

第五章 相对论的进展 \ 69

1. 存在争议的质量公式 \ 69
2. 质能关系——开启核能的大门 \ 70
3. 狄拉克:真空不空 \ 71
4. 预言存在反物质 \ 73
5. 赵忠尧与安德孙的发现 \ 74
6. 开拓相对论的人们 \ 75
7. 爱因斯坦是相对论的唯一创建者 \ 77

第二篇 爱因斯坦与广义相对论 \ 79

第六章 探寻天体运行之谜 \ 81

1. 从“中心火”到“地心说” \ 81
2. 震撼人类的“日心说” \ 84
3. 布鲁诺与无限的宇宙 \ 86
4. 伽利略、惠更斯与土星的光环 \ 87
5. 伟人的认罪声明 \ 90
6. 傲慢失鼻的第谷 \ 92





7. 开普勒与正多面体宇宙 \ 94
8. 幸遇恩师 \ 95
9. 无心插柳柳成荫 \ 96
10. 多难不屈的精英 \ 97
11. 有意栽花花绽放 \ 98
12. 运交华盖的开普勒 \ 99

第七章 万有引力与牛顿的苹果 \ 101

1. 万有引力定律的发现 \ 101
2. 哈雷对彗星的预言 \ 102
3. 支配潮汐的力量 \ 105
4. 海王星的发现 \ 106
5. 苹果落地的故事 \ 107
6. “我的门第将因为我而显赫” \ 108
7. 伏尔泰幸福的流亡生活 \ 110
8. “苹果落地的故事”是真的吗 \ 111
9. 牛顿与夫莱姆斯梯德的冲突 \ 113
10. 牛顿与莱布尼兹的争吵 \ 113
11. 神坛上、下的牛顿 \ 115

第八章 走向广义相对论 \ 117

1. 相对论的困难 \ 117
2. 惯性系无法定义 \ 118
3. 万有引力纳不进相对论的框架 \ 119
4. 广义相对性原理 \ 119

5. 引力质量与惯性质量 \ 120
6. 惯性力的起源——水桶实验 \ 121
7. 马赫原理 \ 123
8. 等效原理 \ 124
9. 注意：“等效”只在一点的邻域 \ 125
10. 等效原理与 $m_g = m_I$ \ 126
11. 思想的飞跃：万有引力莫非是几何效应 \ 127
12. “第五公设”带来的疑义 \ 128
13. 罗巴切夫斯基的突破 \ 129
14. 鲍耶的功绩 \ 130
15. 黎曼几何的创立 \ 131
16. 什么是弯曲空间中的“直线”和“平行线” \ 133

第九章 弯曲的时空 \ 135

1. 对新理论的构想 \ 135
2. 爱因斯坦与希尔伯特的竞争 \ 136
3. 场方程与运动方程 \ 137
4. 如何理解时空弯曲 \ 138
5. 引力红移——时空弯曲使时间变慢 \ 140
6. 行星轨道近日点的进动 \ 142
7. 光线偏折 \ 143
8. 关于引力波的风波 \ 145
9. 到底有没有引力波 \ 147
10. 未解之谜：惯性力究竟如何起源 \ 149



第三篇 宇宙、黑洞与虫洞 \ 153

第十章 膨胀的宇宙 \ 155

1. 哪里是广义相对论的用武之地 \ 155
2. 宇宙学原理 \ 156
3. 有限无边的宇宙 \ 159
4. 宇宙项 \ 161
5. 弗里德曼解——膨胀的宇宙 \ 162
6. 爱因斯坦的“最大错误” \ 163
7. 勒梅特的“宇宙蛋” \ 164
8. α 、 β 与 γ 的火球模型 \ 164
9. 哈勃定律 \ 166
10. 氦丰度 \ 167
11. 大爆炸的余热 \ 168
12. 无意中的重大发现 \ 169

第十一章 膨胀宇宙释疑 \ 171

1. 大爆炸之前没有时间 \ 171
2. 大爆炸之前没有空间 \ 172
3. 大爆炸没有中心 \ 173
4. 宇宙学红移不是多普勒效应 \ 173
5. 星系的“退行速度”可以超光速 \ 175
6. 能看见超光速退行的星系吗 \ 176
7. 我们自己是否在膨胀 \ 177
8. 宇宙未来将如何演化 \ 178
9. 永远膨胀还是脉动胀缩 \ 180

10. 惊人的发现:宇宙膨胀在加速 \ 181
11. 奇怪的暗物质 \ 182
12. 不可思议的暗能量 \ 184

第十二章 神秘的黑洞 \ 187

1. 牛顿理论预言的暗星 \ 187
2. 相对论对暗星的再次预言 \ 188
3. 飞近黑洞的飞船 \ 189
4. 时间与空间互换 \ 191
5. 有没有白洞 \ 192
6. 走向时间的终点 \ 192
7. 黑洞无毛 \ 194
8. 存在宇宙监督吗 \ 195

第十三章 霍金与黑洞 \ 197

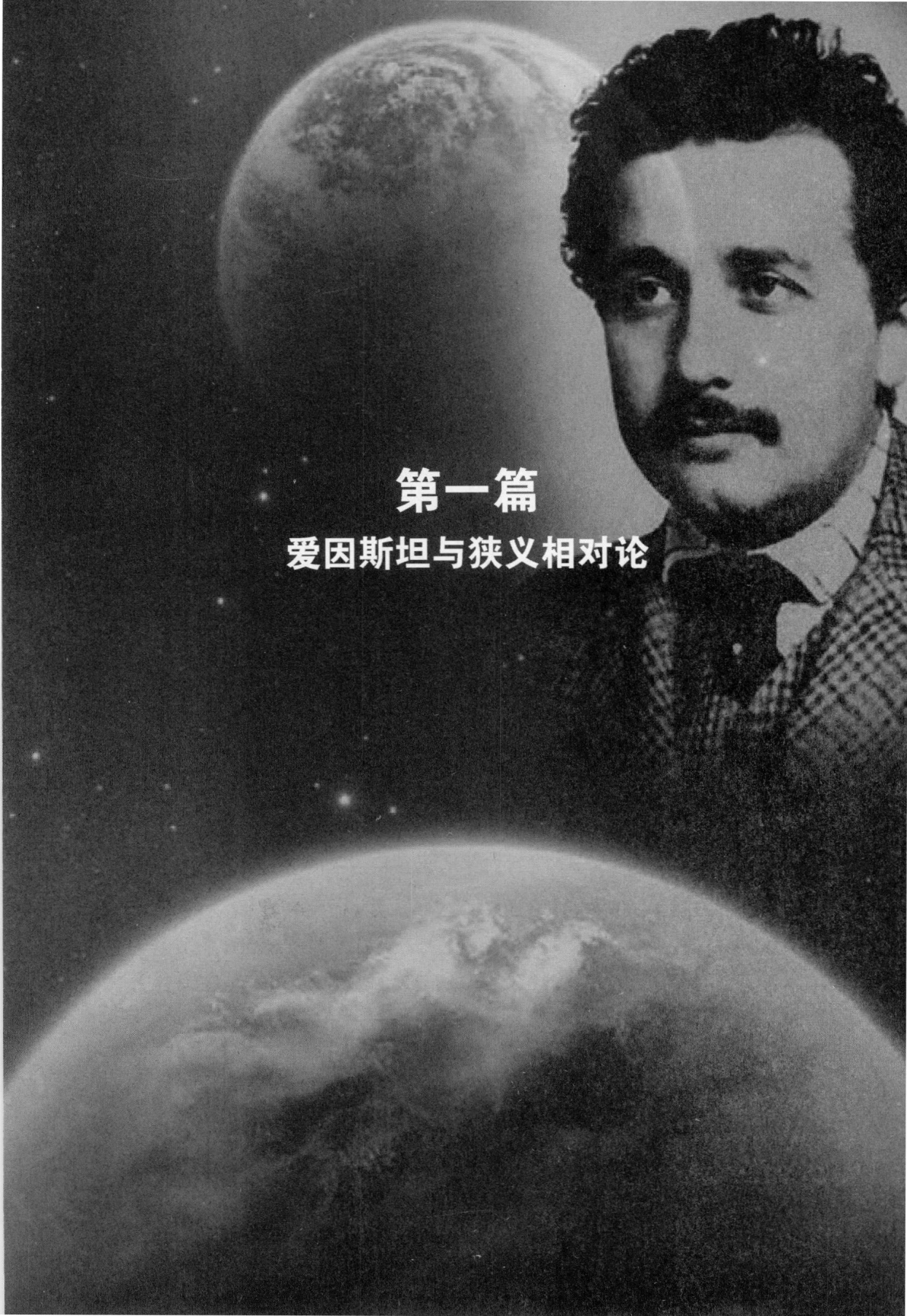
1. 并非神童的霍金 \ 197
2. 教改中的牛津大学 \ 199
3. 疾病造就了伟人 \ 199
4. 走进剑桥大学 \ 201
5. 闯进科研的战场 \ 203
6. 探索奇点之谜 \ 204
7. 面积定理导致的思索 \ 206
8. 贝肯斯坦的突破:黑洞有熵 \ 206
9. 霍金愤怒反击:黑洞没有熵 \ 207
10. 霍金改变主张:黑洞有温度和熵 \ 208
11. 不可忽略的真空涨落 \ 209
12. 重大突破:霍金热辐射 \ 210



第十四章 信息疑难、虫洞疑难与奇点疑难 \ 212

1. 负比热与信息疑难 \ 212
2. 霍金打赌 \ 214
3. 信息守恒吗 \ 216
4. 第一个虫洞:爱因斯坦—罗森桥 \ 218
5. 宇宙泡与虫洞 \ 220
6. 可以穿越的虫洞——时空隧道 \ 221
7. 时间机器 \ 223
8. 形成虫洞的苛刻条件 \ 225
9. 不可忽视的热学定律 \ 226
10. 热学精英的悲喜剧:热力学第一定律的发现 \ 227
11. 革命风暴中的科学:第二定律的发现 \ 229
12. 第三定律与奇点疑难 \ 231
13. 第零定律与“同时的传递性” \ 231
14. 热与时间 \ 233

主要参考书目 \ 234



第一篇

爱因斯坦与狭义相对论

第一章 并非神童的伟人

1. 谁是最伟大的科学家

如果问年青人一个问题,“谁是最伟大的科学家?”大多数人一定会回答:“爱因斯坦”。

如果 100 年前有人问这个问题,大多数人的答案是:“牛顿”。

大约 80 年前,有人还问了一个怪问题,“谁是第二伟大的物理学家?”提问者言外之意是,第一伟大的物理学家毫无疑问是牛顿,只是第二伟大的物理学家尚无法肯定。有人认为第二伟大的是

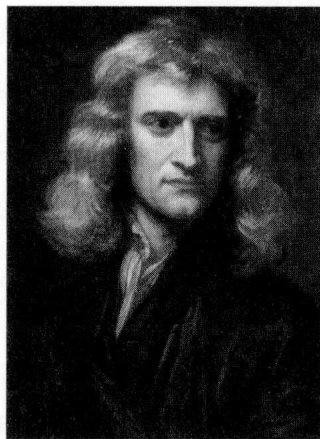


图 1-1 牛顿

相对论的创建者爱因

斯坦,也有人认为是量子论的创建者玻尔。随着岁月的流逝,人们逐渐取得了一致意见:爱因斯坦的成就远高于玻尔,因为爱因斯坦是相对论的唯一缔造者,而量子论则是许多科学家的共同成就。玻尔只是其中一位重要的开拓者,他



图 1-2 爱因斯坦

的主要成就就是建立了经典物理学和量子物理学之间的一个过渡理论:轨道量子化。这一理论经泡利、玻恩、海森伯、薛定谔、狄拉克等的努力,才成为成熟的量子理论。此后,又经过许多人的努力才发展成今天的规范场论,包括弱电统一理论、量子色动力学,以及大统一、超统一等理论。当然,玻尔也是极其伟大的,他的“轨道量子化思想”是一种开创性的新思维,大大解放了研究者的思想,极大地影响、启发和引导了后来的年青人。

一位科学家的历史地位和一项科学成就的重要性一样,需要经历时间的检验,由后人来评价和判断。

今天,我们已经看清楚,爱因斯坦不只是第二伟大的物理学家,他应该与牛顿并列第一,是与牛顿并列第一的物理学家。由于物理学是成熟最早的一门自然科学,而且是 21 世纪之前成就最大,也最重要的一门自然科学,所以,牛顿和爱因斯坦不仅是最伟大的物理学家,也是最伟大的科学家。

牛顿集 17 世纪之前的物理学成就之大成,构建起经典物理学的精密大厦。他的《自然哲学之数学原理》一书不仅包罗当时力学研究的全部成就,清楚地给出了力学三定律和万有引力定律,而且将力学理论通过严密的数理逻辑,建立在哲学思维和科学实验的基础之上,形成完备的体系,为物理学甚至整个自然科学的发展,树立了榜样,建立了楷模。

爱因斯坦则突破了经典物理学的框架,独自创建了狭义相对论和广义相对论,建立起更为宏伟的现代物理大厦,大大地改变了人类的时空观、物理思想和哲学思想。爱因斯坦的理论极其深奥难懂,因而他完成的思想突破和科学突破要比牛顿更为艰难。

总之,牛顿和爱因斯坦是人类历史上,迄今为止最伟大的两位科学家。不过,他们都不是神童,在童年和少年时代,都没有显示出值得称道的特殊