

相对论： 历史、理论、 验证和思潮

宋子良 王平 编译

XIANGDUILUN

LISHI LILUN

YANZHENG HE SICHAO

华中理工大学出版社



相对论:

历史、理论、验证和思潮

宋子良 王 平 编 译

711/155/19

华中理工大学出版社

JAMES A. COLEMAN

Relativity for the Layman

A SIMPLIFIED ACCOUNT OF THE HISTORY,
THEORY AND PROOFS OF
RELATIVITY

First published by the William-Friderick Press, New York 1954

Published in Pelican Books 1950

相对论：历史、理论、验证和思潮

[美] J. A. 科尔曼 著

宋子良 王平 编译

责任编辑 杨志锋

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山)

新华书店湖北发行所经销

湖北省通城县印刷厂印刷

*

开本, 787×1092 1/32 印张, 5.125 字数, 104 000

1988年11月第1版 1988年11月第1次印刷

印数, 1-2 000

ISBN 7-5609-0230-8/G·20

定价, 1.06元

内 容 简 介

本书分两部分。第一部分包括相对论自萌芽到创立的整个历史过程、对相对论深奥理论的浅显叙述、相对论创立后的几个重要验证性的观察和实验等内容。第二部分则介绍了相对论创立的科学背景，并从科技史、科学方法论和认识论的角度，对爱因斯坦创立相对论的意义进行了评介。作者在此书中首次在科技史界提出了“爱因斯坦思潮”的观点，并对其进行了初步探讨。

本书可作大学生和研究生的科技史课程的重要参考教材，对想了解相对论的人无疑也是一本非常好的入门书。

1905年，自相对论诞生以来，人们对它的认识大致经历了三个阶段。开始时是不以为然。大家都把洛伦兹(H.A. Lorentz)的理论看作是正统理论，认为爱因斯坦(A. Einstein)只不过是用了多少不同的形式重提了同一件事情。加上相对论深奥难懂，绝大多数人对此都漠然视之，根本没有把它的问世当作一回事。到第二次世界大战期间，爱丁顿(A. S. Eddington)作了关于广义相对论的报告，那时，一位物理学家曾对他说：“您是这世界上懂得并熟悉它的三个人之一”^①。可见了解它的人太少了。对这种状况，爱因斯坦的学生英费尔德(L. Infeld)曾有过这样的描述：“这些新概念的影响是什么？起初几乎一点也没有……爱因斯坦的论文发表后，并没有潮水般的文章紧步其后，而是过了大约四年光景才开始有反应。就科学认识而言，这是一段很长的时间”^②。

第二阶段是伴随着相对论的许多科学预言的相继证实而到来的时期。在这一时期，人们逐渐理解了相对论的科学内容，并开始对它刮目相看。人们开始称相对论为二十世纪科学的两大支柱之一，称爱因斯坦为“二十世纪的哥白尼”(普朗克语)。爱因斯坦的名字也变得人人皆知。正如德布罗意(L. de Broglie)指出的：“凡是受过教育的人，不管他是

①《纪念爱因斯坦译文集》，上海科学技术出版社，1979年版，第294页。

② L. Infeld, *Albert Einstein, His Work and Influences on Our World*, New York, 1950年, p.44.

不是专业的科学家，一提到阿尔伯特·爱因斯坦的名字，就会想起这位天才，是他推翻了最悠久传统的物理观念，并且在建立空间和时间观念的相对性、能量的惯性、以及在用某种纯几何形式来解释万有引力方面取得了登峰造极的理智成就。其中任何一项的宏伟业迹，都可以与科学史上所能找到的最伟大的成就相比拟”^①。

第三阶段是爱因斯坦思潮逐渐形成，并被逐渐接受的时期。人们从对相对论的科学内容的认识转向对相对论的认识论和方法论的探讨，尤其是哲学界，对此表现出了浓厚的兴趣。许多哲学学派纷纷从相对论中找根据，为自己的哲学观点提供证据。这时，人们才感到，相对论除在科学上重要以外，它还包含着一个重要的哲学体系。

爱因斯坦的影响是多方面的，在短时期内是难以完全看清楚的，这只要回顾一下对牛顿的认识就知道了。牛顿生活的时代距我们已有近三百年，但他在科学、艺术、哲学、政治等方面对其后继者的广泛影响才刚刚可以清晰地看出来。而爱因斯坦离开我们还不到半个世纪，对他的工作的全部影响予以评价为时尚早，因此可以说，第三阶段的研究工作才刚刚开始。

为了推进第三阶段工作的深入开展，有必要向青年一代普及相对论的知识，科尔曼（J. A. Coleman）曾指出：

“在现代科学时期，不管每个人的专业是什么，如不了解科学的这个最基本的分支和它的历史背景知识，就不能算是受到了完整的教育。这对我们的年轻一代，即未来的科学家们是特别重要的。因为他们如能在早年就充分理解了自然规

^①《纪念爱因斯坦译文集》，上海科学技术出版社，1979年版，第248页。

律，他们的科学推理能力和一般的智力将会同时成熟起来，^①相对论就是实现这个过程的特别重要的环节”^①。为了这一目的，我们原准备只翻译科尔曼的“Relativity for the layman”（纽约William-Frederick Press，1954年初版，1959年又收入Pelican丛书，由澳大利亚企鹅图书有限公司出版。该丛书共有五本，将陆续由华中理工大学出版社翻译出版。），但译完后又觉得，仅仅向青年人普及相对论的知识是远远不够的，因为今天的时代已经不同于科尔曼写这本书的五十年代了，对相对论及爱因斯坦的研究已经向前深入发展，并已进入研究的第三阶段。仅介绍相对论的知识，不仅无助于青年人全面了解相对论的意义，无助于他们提高认识，而且教学实践表明，对这种做法大学生也是不欢迎的。基于此考虑，我们决定增加部分内容，对相对论创立前的科学背景和认识背景问题、爱因斯坦是怎样创立相对论的、他创立的相对论的认识论和方法论的意义、相对论提出后所受到的待遇问题、以及对爱因斯坦思潮的看法等诸项内容作些介绍。我们认为，这样做更容易使读者深入理解相对论的精神实质。

科尔曼所著的“Relativity for the Layman”一书本应译成《通俗相对论》或《相对论浅说》，考虑到这样的书名易和爱因斯坦的《相对论浅说》相混淆；考虑到第二部分中的重要内容，故中译本书名采用科尔曼原著的副标题。

由于译者水平有限，错误之处在所难免，对本书译文和第二部分的不妥之处，恳请科技史界专家、同行和广大读者多提宝贵意见。衷心感谢华中理工大学出版社的领导、总编

^①见本书的“原书序言”部分。

和责任编辑。正是在他们的大力支持下，这本书才得以以现在
的形式出版。

译者

1987年12月于华工校园

目 目 目 目 目 录 录 录 录 录

第 一 部 分

相对论的历史、理论和验证

- ⇒ 原书序言..... (1)
- ⇒ 第一章 光速..... (3)
 - ⇒ 梅桑对声速的测定——伽利略测量光速的尝试——罗默的天文测量法——布雷德利的望远镜法——斐索的地面测量法——迈克尔逊的精确测量——光波的其他性质
- ⇒ 第二章 巨大的困境..... (16)
 - ⇒ 静止以太假设——以太的进一步证实——一种期望的以太效应——菲涅耳的以太拖曳理论——迈克尔逊-莫雷实验——对迈克尔逊-莫雷实验结果的几种可能的解释——巨大的困境
- ⇒ 第三章 狭义相对论..... (30)
 - 狭义相对论和广义相对论的区别——狭义相对论的两条假设——从两条基本假设推出的结论——长度收缩——质量随速度增加而增加——速度的合成——最大的可能速度——质量和能量的等效性——狭义相对论中的时间
- ⇒ 第四章 狭义相对论的实验证明..... (56)
 - 质量随速度增加而增加——速度相加——质量和能量的等效性——时间
- ⇒ 第五章 广义相对论和实验证明..... (70)

⇒ 等效原理——牛顿万有引力定律和爱因斯坦的引力理论——水星轨道的进动——引力质量的光效应——光束的称量——引力质量的时间效应——太阳和恒星上的原子钟变慢

⇨ 第六章 相对论和宇宙的本质…………… (83)

⇒ 宇宙模型——广义相对论和我们的宇宙——膨胀宇宙

⇨ 第七章 统一场论…………… (92)

第 二 部 分

相对论的科学背景和爱因斯坦思潮

⇨ 第八章 相对论创立前的科学背景及其历史

渊源…………… (96)

⇒ 经典物理学大厦的基础并不牢靠——斐兹杰惹-洛伦兹收缩——彭加勒：新物理学诞生的预言家——马赫：经典物理学的批判家——失败与成功的反思

⇨ 第九章 相对论创立的大致经过…………… (107)

⇒ 一直众说纷纭的问题——爱因斯坦创立相对论的过程

⇨ 第十章 相对论的意义…………… (118)

⇒ 可观察量在理论中不再具有绝对意义——时空观念的变革——科学研究的材料不是纯客观的——对西方现代哲学的影响

⇨ 第十一章 相对论的方法论…………… (135)

⇒ 科学方法和科学理论的关系——爱因斯坦创造性个性的形成——两个认识论原则的统一——思想实验方法的应用——其它方法

⇨ 第十二章 爱因斯坦思潮…………… (149)

⇒ 爱因斯坦思潮的主要观点——如何评价爱因斯坦思潮

第一部分

相对论的历史、理论和验证

原书序言

一看书名便知，这本有关相对论的书是专门写给那些在数学、物理、天文方面缺乏训练或了解不多的人看的。在书中，我们尽量少采用过于专门化的语言，但是，对于那些有助于明白而透彻地理解相对论所绝对必需的数学方程，则只好在书中列出。概括地说，这本书介绍了相对论创立前与之有关的科学史、相对论理论本身的简单而又完整的说明。本书还详细描述了直到目前为止的能证实相对论的各种证据。

在现代科学时期，不管每个人的专业是什么，如不了解科学的这个最基本的分支和它的历史背景知识，就不能算是受到了完整的教育。这对我们的年轻一代，即未来的科学家们是特别重要的。因为他们如能在早年就充分理解了自然规律，他们的科学推理能力和一般的智力将会同时成熟起来，相对论就是实现这个过程的特别重要的环节。

人们一直认为相对论难以理解，这只是由于它所作出的许多预言令人难以相信，而并不在于理论本身难懂。若把这样的难题引入青年人的想象力，这将会在他们的头脑中激发出巨大的才能，特别是在需要想象力的那些地方。

相对论带来的传奇是迷人的，它所激起的想象比人们尽

其可能虚构的故事还要多。因为有关的一个又一个的理论，起初似乎出现了成功，但实验证明是不正确的。这促使爱因斯坦随之又转而进行更周密而详尽的研究，而且一次次试图超越那些不可克服的障碍，得到的往往是接二连三的沉重的失败。通过非凡的努力，爱因斯坦终于克服了所有的障碍，并使相对论经受了时至今日的各种检验和诘难，这就是相对论的历史。

对这个理论的历史发展进行回顾，将使我们非常幸运地在几个小时之内看到在我们眼前飞逝而过的几百年历史的全貌。不仅如此，由于该理论涉及到小至原子领域，大至宇宙本身等物理世界的众多方面，因而它在众多的科学理论中独占鳌头。

我相信，读者从这本书中得到的乐趣和激励会和我写这本书时一样多。

J. A. 科尔曼

1954.3.17



第一章 光速



⇒ 梅桑对声速的测定



由于相对论实际是以光波的特异行为为起点的，所以我们将从光波的重要特征之一——光速的历史开始研究。为此，首先考虑一下声速，因为对它的测定早于光速。古代人似乎已经知道（确实如此），某种东西发出的声音会传到听者的耳朵中。这个结论部分地产生于这样一种观察：闪电距人愈远。随之而来的雷声传到人耳所用的时间愈长。然而，声音传播的速度直到中世纪还没有被测定。

法国人梅桑（Mersenne, 1588~1648）是最早对声速进行测量的人。他在几公里外架起一门大炮，由一个助手点火，他自己在观察地点用数摆锤摆动次数的方法，测量了从看到闪光到听见炮声这段时间的长短。由于当时还没有秒表，所以，常用一种重摆锤来测量时间间隔。他事先已知道摆锤振动的周期，因而能计算出炮声从大炮传到他耳朵所用的时间，再用这个时间去除他和大炮之间的距离（这也是事先测量好的），就得出了声速。他测得的近似结果为313米/秒，现在用更精确的方法测得的结果大约是340米/秒，这个速度在梅桑时代被认为是非常快的。我们知道，最快的赛马速度才达到大约64公里/小时，如今飞机的飞行速度比赛马速度快得多，有些飞机的速度甚至超过了声速，更不用说比声速快好几倍的导弹了。

让我们考察一下，当我们走进一间暗室、并打开电灯时会发生什么，我们都知道，光线会立刻从灯泡射入我们的眼睛。如果琢磨一下，我们一定会同意，光源就是灯泡，也就是说，照亮房间的光一定最先来自灯泡。由此我们必然得出：光从灯泡发出，到达我们的眼睛，并给我们以亮的感觉。而我们的感觉似乎也告诉我们，在合上开关的瞬间就会看到灯光。现在我们知道，这是因为光速太快了，以至好象它立刻就能从一处跑到另一处。

在中世纪，关于光速是有限还是无限的问题，曾引起过一场激烈的争论。著名科学家笛卡儿（Descartes, 1596~1650）声称，光速是无限的；而当时，另一位伟大的科学家伽利略（Galileo, 1564~1632）声称，光速是有限的。

伽利略为了证明自己是正确的，尝试着测量了光速。在一个漆黑的夜晚，他让一位助手在约4.8公里远的小山顶上，放置一个可用桶罩住的发光手灯，他自己也有一个这样的手灯。当两人都准备好以后，伽利略去掉罩在手灯上的桶，灯光即以光速传到他的助手那里，助手一看见灯光，也立即拿掉罩在手灯上的桶，灯光也同样以光速传到伽利略那里。伽利略记录了他第一次拿去手灯上的桶到看见助手灯光的这段时间，再根据事先精确测定的两地间的距离，便算出了光速。

由于实验很不精确，伽利略每次实验测得的光速值都不相同。当然，现在我们知道，这项实验之所以失败，是因为伽利略和他的助手看到对方灯光后作出反应的时间，与光速相比太长了。如果我们假定他们每次的反应时间是1秒钟，

则在这段时间内，手灯发出的光能绕地球运行14圈！我们看到，虽然伽利略采用了与测量声速相类似的方法，但就象蜗牛企图捕到苍蝇一样，这种方法对测量光速是无能为力的。

⇒ 罗默的天文测量法 ←

无论光束通过的距离是比地球周长还长，还是很短，要测量它通过这段距离所用的时间，都必须要有精确的钟。十分偶然的是，在伽利略的尝试失败后，没过几年，出现了一种天文学测量方法。具有讽刺意味的是，正是由于伽利略早期在天文学上的一个发现，才导致了这种测量方法的出现。

伽利略最早制造出望远镜。1610年，他用这种望远镜首次发现了木星的4个卫星（现在知道木星有12个卫星）。同地球的卫星一样，它们各自在绕木星的一条轨道上运行，每个卫星转一周的时间都不变，这就是公转周期。

1675年，丹麦天文学家罗默（Olaf Roemer, 1644~1710）对木星各卫星的运行周期进行了测量，但是，当几个月后他再次测量时发现，两次测量的结果不同。为了便于理解这个问题，请看图1：左边为处在绕日轨道的两个不同位

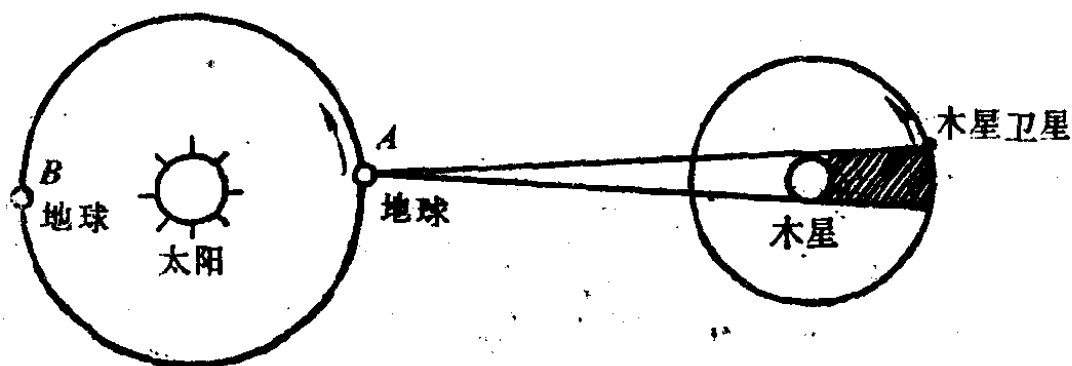


图1 罗默对光速的测定

置上的地球，右边表示木星和它的第一颗卫星，卫星刚好被

木星所掩蚀（虽然木星也绕太阳运转，但它的周期比地球长得多，因而在此可以将木星的运动忽略不计）。罗默通过测定木卫1从图中所示的位置（大约在木星的前面）开始运转，到再次回到该位置时所用的时间来测量它的周期。他发现，当地球在位置A时，该周期约为42.5小时。由于这个周期是固定不变的，因此，可以预言，以后的木卫蚀将每隔42.5小时发生一次。但是，罗默发现，当地球在自己的轨道上朝着远离木星的方向向位置B运行时，则木卫蚀发生的时间越来越晚。6个月后，当地球处于位置B时，木卫蚀发生的时间已向后推迟了1000秒！

罗默能得出的唯一的逻辑结论，就是木卫蚀所推迟的时间正好相当于来自木星卫星上的光穿过地球轨道直径这段额外距离所用的时间。但在那个时候，地球轨道的直径被认为大约是2.76亿公里，而不是现在的正确值3.0亿公里，因此，罗默算出的光速值太小。但是，作为对光速的第一次成功的测量，罗默的方法被载入了史册。

⇒ 布雷德利的望远镜法 ←

英国的布雷德利(James Bradley, 1693~1762)于1728年也对光速进行了测量，他采用了与罗默不同的天文方法。为了说明他的方法，我们先来看一个大多数人都熟悉的类似的简单现象。假设你在一列即将开动的火车上，外面正下着雨，你将会注意到，有些雨滴总是从窗玻璃上部沿直线路径流下来，当然情况应该如此。但是，如果现在火车开始运行，你会注意到，雨水不再沿窗玻璃直落下来，而是以一定的倾斜度落下，雨迹从窗玻璃上部开始朝窗玻璃后部流去。

如图 2(a) 所示。火车开得越快，雨迹变得越倾向于水平，其倾斜程度与火车的速度有关。

这个现象很容易理解。列车不动时，雨迹会垂直地落下。如果进行测量，就会注意到，所有的雨点都以近乎相同的速度沿窗玻璃落下，这使得每个雨滴沿窗玻璃落下的时间相等。现在，火车开动了，雨点在垂直方向上降落的速度仍然相同，这是因为，火车向前的运动并不影响雨滴向地球落下的速度。但是，由于在雨滴从窗顶落到窗底的同时，火车在向前运动，因此，坐在前进的火车上的人，就看见雨点好象是在向后运动。

现在你应该明白，为什么火车运行得越快，则雨迹越趋于水平的道理了。在雨滴落下的同时，火车向前运动的距离越大，则雨滴在窗玻璃上向后运动的距离也就越长。

也许现在你已经想到，如果我们知道火车的速度，并用尺子量得如图 2(a) 所示的直角三角形 ABC 的边长，就可能求出雨滴落向地球的速度。运用初等三角学的知识，可以很容易地证明，雨滴落下的速度等于 BC 和 AC 之比与火车速度的乘积。布雷德利所使用的测量光速的方法与此十分相似。

布雷德利的方法如图 2(b) 所示。假设我们有一台望远镜，欲观测一颗远距离的恒星。这里，从该星球发出的“落到”地球上的光代表下落的雨滴；在其轨道上运动的地球代表运行的火车；观测星体的望远镜代表窗玻璃（太阳被有意忽略了）。如果想通过望远镜来观察该星体，我们就必须对准它，以使来自恒星的光能通过望远镜的镜筒，“落到”我们的视域之内。

如果地球在空间固定不动，而且也不沿轨道运动，那么，我们可以将望远镜直接对准该星体，它的光线也会直落