

RETURN
TO THE CLASSICAL CONCEPTION
OF TIME AND SPACE

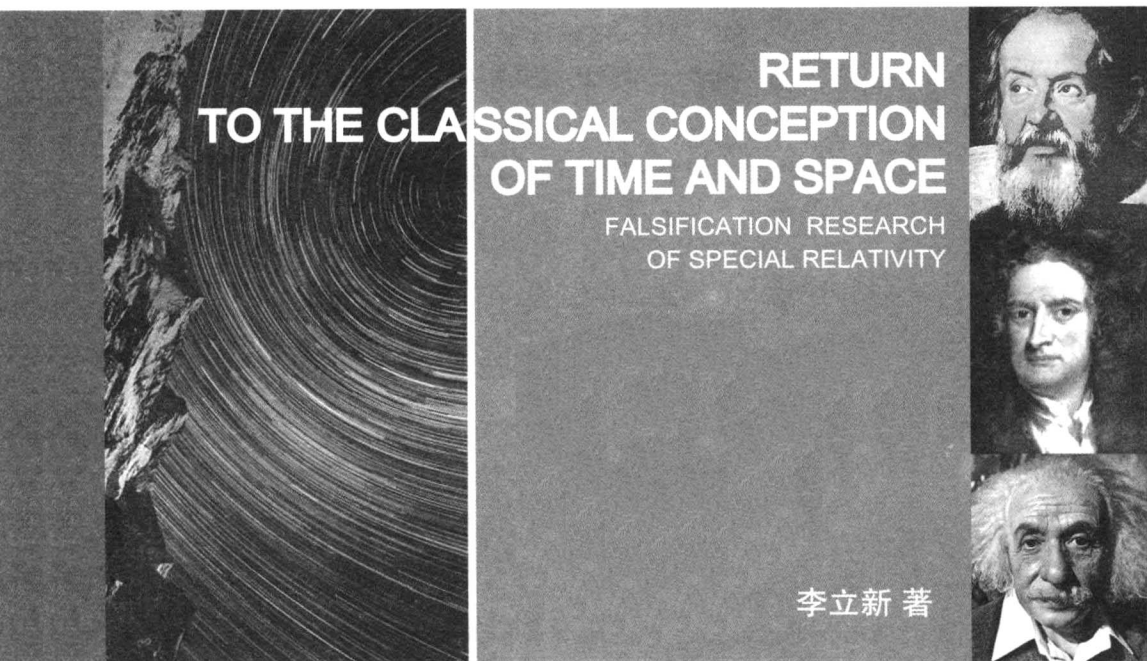
FALSIFICATION RESEARCH
OF SPECIAL RELATIVITY

李立新 著



回归经典时空观

狭义相对论证伪研究



RETURN TO THE CLASSICAL CONCEPTION OF TIME AND SPACE

FALSIFICATION RESEARCH
OF SPECIAL RELATIVITY

李立新 著

回归经典时空观

狭义相对论证伪研究

图书在版编目(CIP)数据

回归经典时空观：狭义相对论证伪研究 / 李立新著
— 镇江：江苏大学出版社，2013.12
ISBN 978-7-81130-635-4

I. ①回… II. ①李… III. ①狭义相对论—研究
IV. ①O412.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 315859 号

回归经典时空观:狭义相对论证伪研究

Huigui Jingdian Shikongguan:Xiayi Xiangduilun Zhengwei Yanjiu

著 者/李立新

责任编辑/吴昌兴

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编:212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/http://press. ujs. edu. cn

排 版/镇江新民洲印刷有限公司

印 刷/句容市排印厂

经 销/江苏省新华书店

开 本/718 mm×1 000 mm 1/16

印 张/8.5

字 数/139 千字

版 次/2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-81130-635-4

定 价/26.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

前 言

爱因斯坦的相对论分为狭义相对论与广义相对论两部分,本书仅讨论狭义相对论。

狭义相对论最为惊人的论断是关于时空的相对性论断:没有客观统一的时间,当一对双生子相对运动时,每一个人都发现对方比自己老得慢,当它们的相对运动速度趋近光速时,都发现对方的时间趋近停止了;没有客观刚性的空间,当一对等长的列车相对运动时,每一辆列车都发现对方比自己短,当它们的相对运动速度趋近光速时,都发现对方的长度趋近于零了。然而,这些超越常识的论断就像是呈现在雾霭之上的海市蜃楼,虽然令人遐想,但却难以证实。更主要的是:狭义相对论赖以成立的两个基本假设,即狭义相对性原理(又称惯性系协变性原理)与光速不变性原理均无直接证据。

事实上,早在1905年爱因斯坦提出狭义相对论之初,科学界就难以形成一致的看法。反对者中不乏大科学家,如庞加莱(J. H. Poincare, 1854—1912)、迈克尔逊(A. A. Michelson, 1852—1931)、洛伦兹(H. A. Lorentz, 1853—1928)和卢瑟福(E. Rutherford, 1871—1937)等,而狄拉克(P. A. M. Dirac, 1902—1984)对狭义相对论的态度则是相互矛盾的。特别需要指出的是,爱因斯坦本人70岁生日时在写给好友的信中,对相对论中可能存在的问题也有清醒的认识:“我感到在我的工作中没有任何一个概念会很牢靠地站得住脚,我也不能肯定我所走的道路一般地是正确的。……但是确实有一种不满足的心情发自我自己的内心,这种心情是很自然的,只要一个人是诚实的,是有批判精神的”(《爱因斯坦文集》第1卷,商务印书馆,1976年,许良英、范岱年编译,第485页)。因此可以说,自从狭义相对论发表以来,质疑之声就与赞叹之声一样,从未中断过。特别是最近30年来,国际上一些学术期刊已陆续发表了不少争鸣的文章,其中不乏华人学者的论文。

在中国,特别是改革开放以来,关于相对论的争鸣日趋活跃。从中科院已故院士卢鹤绂,到湖南农民黄其德,各个层次的专家与民科都有人投身其中,也有不少杂志发表了一些这样的文章。但国内的学术环境总的来说并不宽松,学术上的不同观点常被直接忽略,这样的论文很难在权威的学术期刊发表。

那么,为什么要超越、挑战甚至证伪狭义相对论呢?我想对大多数学者而言,主要是因为好奇心和学术良知。从实用角度讲,证伪相对论将推翻光速极限的魔咒,为探索更快的相互作用打开自由之门。同时,考虑到在量子力学实验中贝尔不等式被违反的事实和量子计算机的最新进展,推翻光速极限的魔咒将允许我们放弃“局域但不确定性”的世界观,而选择“非局域但确定性”的世界观,从而彻底走出量子力学之解释的阴霾。

但是,一个不容回避的事实是,百余年来,难以计数的学者指出了狭义相对论存在的种种问题,但为什么至今它还是主流理论,而没被推翻呢?显然,仅仅用学术环境不宽松来解释是不够的。笔者认为根本原因有两条:第一,多数学者仅仅指出了狭义相对论存在的问题,却并未提出自己的理论学说,甚至存在并不完全理解狭义相对论的情况;第二,即便提出了自己的理论,所能解释的实验也比狭义相对论要少,换言之,其所提的理论可被某些已有实验证伪。

因此,要想证伪狭义相对论,以下三条缺一不可:第一,提出自己的理论学说;第二,新理论能够解释狭义相对论的所有实验证据,而不能与任何已有实验相矛盾;第三,新理论能够解释狭义相对论所不能解释的若干实验,包括已有的实验和新提的实验。

本书内容安排如下:第1章对时间、空间与运动等基本概念进行了探讨,介绍了伽利略、牛顿和爱因斯坦的时空观;第2章回顾了狭义相对论的历史背景和主要理论结果并指出了狭义相对论的一个致命问题;第3章用两个实例证明狭义相对性原理并不是普遍原理;第4章用两个实验证明光速不变原理是错误的;第5章提出了“种子参照系学说”,并据此对狭义相对论的运动学、动力学效应实验证据进行了新的解释;第6章简要介绍了四种国内相对系统的争鸣理论,进行了评述,并对包括本书在内的11种相关的理论学说与24个相关实验的相容情况进行了列表对照;第7章是本

书的结论。

本书适合相对论爱好者进行探索性阅读,更适合具有微积分和运动学基础的理工科学生、教师、理论物理学工作者和民科进行批判性阅读。由于本书探讨的是一个挑战性和争议性很强的问题,书中的错误和不当之处在所难免,欢迎来自任何方面的探讨、批评与指正。

亲爱的读者,我们即将展开一段扣人心弦的思辨之旅,在这段精彩的旅程中,怀疑与争论将是常见的风景。在此,为了避免陷入毫无意义的辩论,我希望能与读者就以下**起点**达成共识,即**狭义相对论是一个物理学理论,它既不是哲学理论也不是数学理论**。

那么,是什么特征使物理学区别于哲学和数学呢?事实上,这一特征是在近代物理学之父伽利略用生命和尊严捍卫之后才逐渐形成的。那就是物理学需要实验验证:一个物理学理论必须与实验结果相符合,如果有实验结果的话。

因为需要进行实验验证,所以与哲学相比,物理学是以存在一个客观的物质世界作为前提的,本书称之为客观性前提;至于客观性前提是不是真理这样的问题,在哲学中当然是可以讨论的,并且是经常被讨论的,但在物理学中却是不能讨论的:在进行关于一个物理学理论是否正确的辩论时,必须认为客观性前提是真理。事实上,这一点也是爱因斯坦本人所坚持的,特别是在他与波尔关于量子力学真相的著名论战中更是表露无遗。之所以强调这一点是因为,很多人在面对狭义相对论无法解释的矛盾时会求助于哲学,企图以客观性前提未必是真理作为挡箭牌,很显然,这将无益于一个物理学理论的阐明。

同样是因为需要进行实验验证,所以与数学相比,即使实验所涉及的范围已经超出了物理理论的适用范围,但只要在实验中有一部分是属于该物理理论的适用范围,在该范围内就可以应用这一理论而不能导致矛盾。之所以强调这一点,是因为很多人(包括爱因斯坦本人)坚称狭义相对论在数学上是自洽的,所以肯定正确;而双生子悖论等实验已经超出了狭义相对论的适用范围,所以不予讨论。的确,狭义相对论在数学上是自洽的,但这仅仅是其正确性的必要条件,而非充分条件,因为它并不是一种数学理论;同时,双生子悖论等实验中的变速运动段确实超出了狭义相对论的适用范围,

但其中的匀速运动段则属于狭义相对论的适用范围。因此,在这样的实验中,如果仅仅因为在匀速运动段的应用就能导出与实验相矛盾的结果,则照样可以断定狭义相对论是错误的。

如果读者已经站在了这样的起点之上,我们可以出发了!

李立新

zd_lilixin@126.com

2013 年 6 月于求是园

目 录

第 1 章 物理学中的时空观 / 1

- 1.1 伽利略的经典时空观 / 1
- 1.2 牛顿的绝对时空观 / 3
- 1.3 爱因斯坦的相对时空观 / 4
- 1.4 时间与空间的本质 / 4

第 2 章 狭义相对论的缘起与概要 / 7

- 2.1 历史回顾 / 7
 - 2.1.1 以太学说的矛盾 / 7
 - 2.1.2 真空中的麦克斯韦方程 / 9
 - 2.1.3 麦克斯韦方程的通解 / 12
 - 2.1.4 迈克尔逊-莫雷实验 / 15
 - 2.1.5 发射学说 / 20
 - 2.1.6 洛伦兹的电子论 / 27
- 2.2 狭义相对论的两个基本假设 / 29
- 2.3 洛伦兹变换、运动学效应与动力学效应 / 30
- 2.4 狭义相对论的实验证据 / 32
- 2.5 麦克斯韦方程的协变性 / 33
- 2.6 同时性、时间佯谬与悖论 / 34

第 3 章 证伪狭义相对性原理 / 42

- 3.1 狭义相对性原理的局限性 / 42
- 3.2 声学反例 / 42
- 3.3 电磁学反例 / 44
- 3.4 结论 / 45

第 4 章 证伪光速不变原理 / 47

- 4.1 对光速不变原理的质疑 / 47
- 4.2 从萨格纳克效应证伪 / 47
 - 4.2.1 圆环形光纤中的萨格纳克效应 / 47

4.2.2	萨格纳克效应的一般形式	/ 50
4.2.3	萨格纳克效应中的速度叠加原理	/ 51
4.2.4	用大尺度萨格纳克效应假想实验证伪	/ 52
4.3	用旋转迈克尔逊-莫雷实验证伪	/ 53
4.4	结论	/ 55
第5章	种子参照系学说	/ 56
5.1	种子参照系的定义	/ 56
5.2	运动学效应新解	/ 57
5.2.1	斐索流水实验的统计学解释	/ 57
5.2.2	钟慢效应实验的绝对性解释	/ 63
5.2.3	多普勒效应的精确公式	/ 71
5.3	动力学效应新解	/ 79
5.3.1	质能公式新解	/ 79
5.3.2	质速公式新解	/ 83
5.3.3	动能公式的分形解释	/ 85
5.3.4	高速碰撞实验新解	/ 87
5.3.5	结论	/ 97
第6章	争鸣理论	/ 98
6.1	谭暑生:标准时空论	/ 98
6.2	张长太:后相对论	/ 100
6.3	华棣:新相对论	/ 101
6.4	马青平:新伽利略时空观	/ 103
6.5	各种理论学说与实验结果相容情况的对照	/ 105
第7章	回归经典时空观	/ 107
附录1		/ 111
附录2		/ 113
附录3		/ 115
附录4		/ 117
附录5		/ 119
参考文献		/ 122
后记		/ 124
致谢		/ 127

物理学中的时空观

物理学致力于研究物质的运动规律,因而时间与空间的概念是研究的基础。

1.1 伽利略的经典时空观

伽利略·伽利雷(Galileo Galilei, 1564—1642),意大利人,世界著名科学家,他既是物理学家、天文学家、哲学家又是发明家,是近代实验物理学的开拓者,被誉为“近代科学之父”。

1590年,伽利略在比萨斜塔上做了“两个铁球同时落地”的著名试验,从此推翻了亚里士多德“物体下落速度和重量成比例”的说法,纠正了这个持续了1900年之久的错误结论。他的工作,为牛顿理论体系的建立奠定了基础。

伽利略对物理学最为重要的理论贡献,是发现了惯性定律并提出了相对性原理:力学规律在所有惯性系中都是等价的,换句话说,在惯性系内部所做的任何力学实验都不能够决定该惯性系相对于其他惯性系是处于静止状态还是在做匀速直线运动。伽利略在《对话》一书中写道:当你在密闭且运动着的船舱里观察力学过程时,“只要运动是匀速的,决不忽左忽右摆动,你将发现,所有上述现象丝毫没有变化,你也无法从其中任何一个现象来确定,船是在运动还是停着不动。即使船运动得相当快,在跳跃时,你将和以前一样,在船底板上跳过相同的距离,你跳向船尾也不会比跳向船头来得远,虽然你跳到空中时,脚下的船底板向着你跳的相反方向移动。你把不论什么东西扔给你的同伴时,不论他是在船头还是在船尾,只要你自己站在对面,你也并不需要用更多的力。水滴将像先前一样,垂直滴进下面的罐子,

一滴也不会滴向船尾,虽然水滴在空中时,船已行驶了许多距离。鱼在水中游向水碗前部所用的力,不比游向水碗后部来得大;它们一样悠闲地游向放在水碗边缘任何地方的食饵。最后,蝴蝶和苍蝇将继续随便地到处飞行,它们也决不会向船尾集中,并不因为它们可能长时间留在空中,脱离了船的运动,为赶上船的运动显出累的样子。如果点香冒烟,将会看到烟像一朵云一样向上升起,不向任何一边移动。所有这些一致的现象,其原因在于船的运动是船上一切事物所共有的,也是空气所共有的”。相对性原理是伽利略为了答复地心说对哥白尼体系的责难而提出的。这一原理被爱因斯坦称为伽利略相对性原理,它是爱因斯坦发明的狭义相对性原理,又称惯性系协变性原理的基础。

应该指出,在伽利略的最初表述中,相对性原理仅限力学范畴,但在爱因斯坦之后,这一原理也包含了电磁学范畴。本书认为,这一原理适应于全部物理学范畴,因为运动的相对性是运动固有的特性。因此,在本书中,伽利略相对性原理的准确表述如下:不能通过在惯性系内部的任何物理实验发现此惯性系相对于其他惯性系的运动状态;或者说所有惯性系都是平权的,没有优越的惯性系,从而不存在绝对静止的惯性系。

如图 1.1 所示,1638 年,伽利略在他的晚年著作《两门新科学》中描述匀速运动时,将其所持的时空观用数学公式表示如下:

$$\begin{cases} x' = x - vt \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u'_x = u_x - v \\ u'_y = u_y \\ u'_z = u_z \end{cases} \quad (1.1)$$

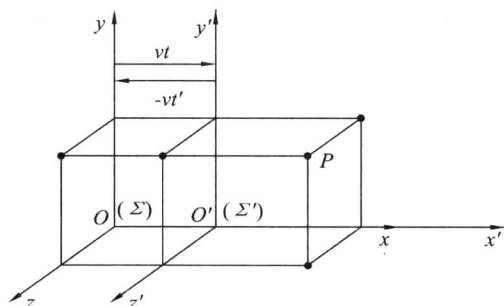


图 1.1 伽利略变换

其中, v 表示空间 $\Sigma'(O'x'y'z')$ 相对于空间 $\Sigma(Oxyz)$ 沿 x 方向匀速运动的速度; t 与 t' 表示两空间中从 O' 与 O 重合时刻开始经历的时间; (x, y, z) 和 (x', y', z') 分别表示运动质点 P 在两坐标系中的位置坐标; (u_x, u_y, u_z) 和 (u'_x, u'_y, u'_z) 分别表示运动质点 P 在两坐标系中的速度。这就是众所周知的伽利略变换(时空变换)及由此导出的速度叠加原理。可以说,它是关于时间的绝对性、均匀性与无限性认识与关于空间的相对性、刚性与无限性认识的数学总结,是描述相对运动的基础,因而也是近代科学的基础。

1.2 牛顿的绝对时空观

艾萨克·牛顿(Isaac Newton, 1643—1727), 英国人, 世界著名科学家, 他既是物理学家、数学家、哲学家, 又是英国当时的炼金术热衷者。在 1687 年发表的《自然哲学之数学原理》中提出了万有引力定律以及牛顿运动定律, 奠定了经典力学的基础, 被公认为人类历史上最伟大、最有影响力的科学家。

牛顿在《自然哲学之数学原理》中, 以附注的方式写出了他关于时间、空间和运动的观点:

“我没有定义时间、空间、处所和运动, 因为它们是人所共知的。唯一必须说明的是, 一般人除了通过可感知客体外无法想象这些量, 并会由此产生误解。为了消除误解, 可方便地把这些量分为绝对的与相对的、真实的与表象的以及数学的与普通的。”

“绝对的、真实的和数学的时间, 由其特性决定, 自身均匀地流逝, 与一切外在事物无关, 又名延续; 相对的、表象的和普通的时间是可感知和外在的(无论是精确的或是不均匀的)对运动之延续的度量, 它常被用以代替真实时间, 如一小时、一天、一个月、一年。”

“绝对空间, 其自身特性与一切外在事物无关, 处处均匀, 永不移动。相对空间是一些可以在绝对空间中运动的结构, 或是对绝对空间的度量, 我们通过它与物体的相对位置感知它; 它一般被当作不可移动空间, 如地表以下、大气中或天空中的空间, 都是以其与地球的相互关系确定的。”

“绝对运动是物体由一个绝对处所迁移到另一个绝对处所。”

“绝对静止应是物体滞留在不动空间的同一部分处。”

由此可见,牛顿的时空观,与伽利略的经典时空观相比非常接近,其主要区别是牛顿认为存在绝对静止的空间,因而存在绝对运动。

应该说,至少在力学范畴内,只要承认相对性原理,正如牛顿本人一样,绝对静止的空间即便存在也无法被甄别出来,因而伽利略的经典时空观更加可取。

1.3 爱因斯坦的相对时空观

阿尔伯特·爱因斯坦(Albert Einstein, 1879—1955),美籍德国犹太人,20世纪著名的理论物理学家、思想家及哲学家,是相对论的创立者,也是量子力学的奠基者之一,被公认为牛顿之后最伟大的科学家。

爱因斯坦的时空观分为狭义相对论时空观和广义相对论时空观两个部分,无论哪个部分都是超越常识的,确切地说它不是常识的总结,而是根据其理论推导出来的。狭义相对论的时空观认为,“时间”并非独立存在,而是与“空间”相关联存在的。“时间”与“空间”分别是真实存在着的“时空”的两个可以相互转化的方面。广义相对论的时空观甚至认为,“物质”与“时空”之间也不是相互独立的,“物质”的存在会引起“时空”的弯曲,从而将运动的物质世界理解成一个高维度的凝固曲面。

应该说,爱因斯坦的时空观是相当惊人的,以狭义相对论为例:当一对双生子相对运动时,每一个人都发现对方比自己老得慢,当它们的相对运动速度趋近光速时,都发现对方的时间趋近停止了;当一对等长的列车相对运动时,每一辆列车都发现对方比自己短,当它们的相对运动速度趋近光速时,都发现对方的长度趋近于零了。

正是由于爱因斯坦的时空观具有超越常识的惊人性质,才使得相对论成为令世人最为敬仰的理论,最为着迷的理论,也成为饱受质疑的理论。

1.4 时间与空间的本质

时间与空间的本质到底是什么?关于这一问题,特别是狭义相对论出

现以来,已有难以计数的学者从不同的角度对其进行了探讨,但迄今未能达成共识。空间的概念易于理解,因为它比较具象,至少可以对两个空间的大小进行直接比较;而时间的概念就困难得多,因为无法对逝去一秒的长度与未来一秒的长度进行直接比较。但这并不是说,时间仅是纯主观的臆想,事实上,它与空间的概念一样,是从运动着的客观世界中抽象出来的,是有客观基础的。下面给出本书的看法:

物质是运动的,物质的运动是有规律的。在所有的运动规律中,最容易被理解的规律有两种:其一是周期性,人们从中抽象出了时间的概念;其二是不变性,人们从中抽象出了空间的概念。

先看周期性运动:银河摆动1次,月盈月亏大约12次;月盈月亏1次,日出日落大约30次……于是,绝对存在的、均匀流逝的、无始无终的时间被抽象了出来。同时,正因为是抽象的结果,所以时间的均匀程度超过现实中任何周期运动的均匀程度,不论是银河摆动还是日出日落,不论是单摆时钟还是原子时钟。事实上,时间是一个具有理想意义的概念,是一个绝对均匀的参照,所以任何实际的时钟都只能近似地度量时间并用来校准精度更低的时钟,但不能校准时间本身。

再看不变性运动:寒来暑往,转动的星空中群星的分布并不发生变化;策马飞驰,后退的大地上起伏的山峦并未发生更改……于是,相对运动的、刚性不变的、无边无际的空间被抽象了出来。同时,正因为是抽象的结果,空间的刚性超过现实中任何实际物体的刚性,不论是深邃的星空还是起伏的山峦,不论是钢铁构架还是金刚钻石。事实上,空间也是一个具有理想意义的概念,是一个绝对刚性的参照,所以任何实际的直尺都只能近似地度量空间并用来校准精度更低的直尺,但不能校准空间本身。

必须指出,无论是时间的绝对性、均匀性和无限性,还是空间的相对性、刚性和无限性都是精确描述物质的运动规律所不可或缺的:时间的绝对性是定义同时性的基础,有了同时性才能定义物质运动的瞬时状态,而运动规律所指的正是这些瞬时状态之间的关联;时间的均匀性是描述不均匀运动的基础,正是为了描述任意细微的不均匀性才需要时间的绝对均匀性;赋予时间以无限性是为了描述任意时间尺度上的运动规律,无论这个时间尺度有多大。空间的相对性所反映的正是运动的相对性,而相对性是运动的固

有特性;空间的刚性是定量描述物质运动的基础,正是为了描述任意细微的物质运动才需要空间的绝对刚性;赋予空间以无限性则是为了描述任意空间尺度上的物质运动,无论这个空间尺度有多大。

由此可见,时间与空间都是人类理性为了理解物质的运动才抽象出来的概念。这种抽象,使时间从物质中剥离了出来;而空间则仍须由物质标识。在物理学中,被物质标识出的空间称为参照系。

因此,关于时间的概念,本书的观点与伽利略和牛顿的看法相同;关于空间的概念,本书的观点与伽利略相同但与牛顿的看法存在差异,认为没有所谓绝对静止的空间。这种时空观,称为经典时空观。

这里,需要特别说明的是:在本书后续章节中所指的时间,正是牛顿所谓绝对的、真实的和数学的时间,而不是相对的、表象的和普通的时间。事实上,后者也可以称为“生活中的时间”,具体地说,是某个计时装置上显示的时间。

按照本书对时间与空间本质的理解,时间与空间都是客观的,是不能自由定义的。打个比方,设想一个运动员携带了一只特殊的手表,其频率与跑步的频率成正比。现在,如果用这样的手表去计时的话,运动员跑步速度的测量结果将永远是一个常数。这样定义的速度在数学上当然没有问题,可在物理上它显然混淆了人们对真相的认知。事实上,狭义相对论对时空的理解正是对时空的一种新定义,只不过这种定义保证的是光速对所有惯性系均为常数。因此,如果没有足够的实验证据证明经典时空观会导出矛盾,或者说,如果在狭义相对论诞生前后那些按照经典时空观难以解释的著名实验在事实上都能找到合理解释的话(这正是本书的主要内容),狭义相对论最多只能被用作一种电磁学理论,而不是关于时空的理论。

狭义相对论的缘起与概要

2.1 历史回顾

爱因斯坦的相对时空观如此超越常识,尚能取得学术主流的认可,是与其出现的历史背景密不可分的。可以说,在当时的历史条件下,对深陷以太矛盾的物理学界而言,狭义相对论是一个无奈的选择。

2.1.1 以太学说的矛盾

说到狭义相对论的历史背景,就必须提到以太。以太的概念与中国古代的“太虚之气”非常相近。古希腊博学家亚里士多德(Aristotle,前384—前322)认为,不存在虚空,空间处处为连绵不断的物质所充满,这就是以太。1644年,法国科学家笛卡尔(Descartes, 1596—1650)首先把以太引入科学界,提出“以太旋涡说”,认为以太之海处于永不停息的运动之中,形成规模不等的各种旋涡,并最终聚积成实物形态,因此每个星体都处于重力的中心。笛卡尔的“以太旋涡说”与中国古代哲学家张载(1020—1077)的“元气论”中所描述的“太虚无形,气之本体;其聚其散,变化之客形尔”非常相似。有学者指出,笛卡尔很可能接触了一些中国古代哲学的翻译片段。但此说已难以考证。荷兰科学家惠更斯(Huygens, 1629—1695)作为笛卡尔以太论的信奉者,将以太当作光波的传播介质,成功地推导了光的反射定律和折射定律,从而将以太论向前推进了一大步。但是,进入18世纪以来,牛顿的超距作用假设取得极大成功,光微粒学说称雄于世,波动学说备受压抑,以太论逐渐走向没落。1801年,英国科学家托马斯·杨(Thomas Young, 1773—1829)完成了影响深远的“双缝光干涉实验”,再次激活了光的波动学说,以

太论第二次惊艳登场。众多科学家投身其中,开始了研究以太机械性质的各种尝试,企图用力学定律来解释各种光学现象。在当时,就运动物体是否能够拖曳周围的以太,发展了两种相互对立的学说:其一是部分拖曳说;其二是完全拖曳说。

1818年,法国物理学家菲涅耳(Fresnel, 1788—1827)提出了以太部分拖曳说,认为光速与以太密度的平方根成反比,因而光媒中的以太密度大于真空中的以太密度;多出真空密度部分的以太会随光媒移动,而未被拖曳的以太则与真空中的以太一样保持绝对静止。据此,可以导出运动光媒中的光速为

$$c_n = \frac{c}{n} + \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)v \quad (2.1)$$

其中, n 为光媒的折射率; c 为真空光速; v 为光媒相对于真空以太的绝对速度。

1845年由英国物理学家斯托克斯(Stokes, 1819—1903)提出了以太完全拖曳说,认为以太不可能穿过物体,运动的物体将拖曳着它周围的以太一起运动,从而在运动物体附近产生一个以太的速度梯度,随着离开物体距离的增加,以太的运动速度逐渐减慢。

仅就这两种以太拖曳说而论,部分拖曳说似乎优于完全拖曳说,其主要证据有两个:一个是前者可以解释光行差现象,而后者则不能;另一个就是影响深远的斐索流水实验也支持以太部分拖曳说。

1725—1728年间,英国天文学家布拉德雷(Bradley, 1693—1762)对恒星的视位置作了一系列准确的测量。他发现恒星的视位置以一年为周期不断地改变,其路径是以固定视位置为中心的椭圆,并且所有椭圆的长轴对地球所张的角度都约为 $41''$,这一现象称为光行差现象。为理解光行差现象,先想象一下天空下雨的情景是很有帮助的:从无风的地面上看,来自天空的雨丝垂直落下,但从有风的地面上看或者虽然无风但却移动的车厢里向外看,雨丝将倾斜落下;当然,倾斜的角度取决于风速(或车速)与雨丝垂直下降的速度之比。现在,如果将以上情形中来自天空的雨丝换成来自恒星的光线,将车厢换成绕太阳公转的地球,则可以看到完全类同的现象,这就是光行差现象。由于地球公转速度约为 $u = 30 \text{ km/s}$,真空光速约为 $c = 3 \times 10^5 \text{ km/s}$,