

庞加莱的狭义相对论之五

庞加莱与爱因斯坦

金晓峰[†]

(复旦大学物理学系 上海 200438)

2022-12-18收到

[†] email: xfjin@fudan.edu.cn

DOI: 10.7693/wl20230105

爱因斯坦的狭义相对论之路，与我们从课本和传记中所了解的有很大差别。他发表于1905年的《论动体的电动力学》和《物体的惯性同它所含的能量有关吗》两篇经典论文，并非如传说中那样似乎是神来之笔，而是有清晰可见的洛伦兹和庞加莱的影子，是深受他们工作启发的创新成果。事实上，爱因斯坦直到1912年才真正理解庞加莱四维时空的赝欧几何结构，这成为他建立广义相对论的一个重要里程碑。本文还回顾了学术界对狭义相对论的接受史，试图回答庞加莱的贡献是如何在这一过程中被人遗忘的。最后，我们还介绍了庞加莱和爱因斯坦之间的互动和趣事。

我们这一系列文章，从“不会又是标题党吧？我们只听说过爱因斯坦的狭义相对论，从没听说过什么庞加莱的狭义相对论！”开始，一路走来，比较系统地介绍了为什么庞加莱能够最终创立狭义相对论的心路历程，其中包括(1881年)2+1维赝欧几何数学结构；(1888年)以太是否存在的观点；(1898年)时间测量、光速不变公设和异地同时性问题；(1900年)有质物体加电磁场的总动量守恒原理，一束电磁辐射等价于惯性为 $m = E/c^2$ 的假想流体，以及提出通过光信号对异地时钟进行同步的方法，得到一级近似下动系和静系的时间变换公式： $t' = t - vx/c^2$ ；(1902年)空间与几何、绝对运动与相对运动；经典力学的相对性原理、地球相对于以太运动的不可观察性；同时性的相对性；(1904年)完整相对性原理的表述；(1905年两篇文章分别于6月5日发表和7月23日投寄)四维时空的赝欧几何结构和四维时空不变量；洛伦兹变换即绕原点的四维时空转动，它与空间转动一同构成了洛伦兹群；速度的相对论性相加公式；给出了长度收缩、时间膨胀、以及异地同

时性之相对性的数学公式；电动力学的完整协变性；相对论性的最小作用量原理；物理定律的洛伦兹群对称性；以及电子的相对论运动方程。至此，客观上是否存在庞加莱的狭义相对论这个问题，应该已经不言而喻了。反过来，或许现在有读者会好奇，那么爱因斯坦1905年的狭义相对论(两篇文章分别于6月30日和9月27日投寄)究竟是怎么回事。

爱因斯坦的狭义相对论之路有迹可循吗？说实在的，还真没有。虽然一百多年过去了，但爱因斯坦创立狭义相对论的心路历程，却仍然是一个谜，充满着各种神秘和传奇色彩；不得不说，其中一部分“神话”还正是由爱因斯坦本人在之后的各类回忆中所提供的。然而，造成这一切谜团的根源，恰如马克斯·玻恩在1955年的演讲“物理学和相对论”中所说^[1]：

“你们许多人都读过他的文章《论动体的电动力学》(*Annalen der Physik* 17, 811(1905))，你们会注意到一些奇怪的地方(some peculiarities)。异乎寻常的是，这篇文章竟然没有引用任何一篇之前的文献，

它给你一种全新冒险的印象。但正像我已经试图解释的那样，这当然不是真的。”

爱因斯坦多次声称，他的相对论之路始于16岁的一个思想实验，即以光速追赶一束光会怎么样。比如，他在1946年的《自述》中这样说：

“如果我以速度 c (真空中的光速)追赶一束光，那么我就应当看到这束光就好像一个在空间里振荡着而停滞不前的电磁场。可是，无论是根据经验还是按照麦克斯韦方程，似乎都不会有这样的事情。从一开始我就直觉到，从这样一个观察者的观点来判断，一切都应当像一个相对于地球静止的观察者所看到的那样按照同样的定律进行。因为，第一个观察者怎么会知道或者能够确定他是处于快速的匀速运动状态呢？由这个悖论我们看到，狭义相对论的萌芽已经蕴藏其中了。”^[2]

另外，爱因斯坦在1955年2月19日，书面回答曾经写过他传记《爱因斯坦与瑞士》的作家Carl Seelig博士的问题时写道：

“毫无疑问，要是我们回头去看狭义相对论的发展，那么它在1905

年已到了发现的成熟阶段。洛伦兹已经注意到，为了分析麦克斯韦方程组，那些后来以他的名字而闻名的变换是重要的；庞加莱在有关方面甚至更深入钻研了一步。至于我自己，我只知道洛伦兹在1895年的重要工作，但不知道洛伦兹后来的工作，也不知道庞加莱继续下去的研究。在这个意义上说，我在1905年的工作是独立的。它的新特点在于领悟到这一事实：洛伦兹变换的意义超越了它与麦克斯韦方程组的联系，而与普遍的空间和时间的本性相关。进一步的新结果是：‘洛伦兹不变性’是任何物理理论的普遍条件。”

如果事实真是如此，那么爱因斯坦的狭义相对论之路便真有点神话的味道了，但它却与另一位科学大师卢瑟福(E. Rutherford)的经验之谈，或说至理名言，相去甚远：

“任何人要想突然做出惊人的发现，这是不符合事物发展规律的。科学是一步一个脚印向前发展的，每个人都依赖前人的工作，当你听到一个突然的、意想不到的发展，仿佛晴天霹雳时，你永远可以确信，它总是由一个人对另一个人的影响所导致的。正是由于这种相互影响，才使科学存在巨大的可能性。科学家并不依赖于某一个人的思想，而是依赖于千万人的集体智慧，千万人思考着同一个问题，每个人尽他一份力量。知识的大厦就是这样建成的。”

可以说，在科学上，即使一个人伟大如爱因斯坦，也绝无可能超越科学本身的发展规律，这一点对于缺乏科学文化传统而喜好造神的国人，尤其值得强调。下面我们试图从各种蛛丝马迹中，尽可能详细地梳理出爱因斯坦的狭义相对论之

路，看看卢瑟福所说的“它总是由一个人对另一个人的影响所导致”，在爱因斯坦身上具体是如何发生的。

1 爱因斯坦的狭义相对论之路

1895年秋天，年仅十六岁半的爱因斯坦从意大利来到苏黎世，试图在苏黎世联邦理工学院(ETH)工程系注册入学。但因为他没有中学毕业文凭，而且比规定的入学年龄小了近两岁，所以靠了家庭世交 Gustav Maier 的帮忙，才得到 ETH 校长 Albin Herzog 的特批，允许他在没有毕业证书的情况下参加入学考试。结果，虽然他的数学和自然科学成绩非常突出，但因为人文学科成绩不及格，所以没能在当年被正式录取。基于他基础教育中这样的缺陷，加上他还年幼，学校劝他父母让孩子去一所瑞士中学读毕业班，并保证来年一定录取他。就这样，爱因斯坦来到了瑞士的一个小城市阿劳(Aarau)，上了那里的州立中学。阿劳的这段时光，给爱因斯坦留下了美好的印象，是他自认为一生中最美好的时期之一；前述以光速追光的思想实验即诞生于此。这一年的学习让他的通识教育得以充实，并且有了中学毕业文凭，他于1896年秋季正式成为了一名ETH的大学生^[3]。

在去阿劳之前的1895年夏季，16岁的爱因斯坦寄给舅舅 Caesar Koch 他人生中的“第一篇科学文章”：《磁场中以太状态之考察》。与当时物理学中流行的机械论观点相一致，爱因斯坦假定一切电场和磁场，不论是静态的，还是动态的，都是机械以太(ether)的状态。他把这种以太当作普通的弹性介质来对待，实际上，这种观点在他写这篇短文时已经过时了。他认为，静磁

场是这种介质形变(deformation)的某种平衡状态，因而介质的弹性力会起变化，这样，通过这种磁场的电磁波速度就会发生变化。他还讨论了利用这些速度变化来对磁以太形变进行实验研究的可能性，并认为这有助于揭示“电流的神秘性质”^[3]。

虽然这篇文章本身并无学术价值可言，但它出自一位16岁的少年——几十年后世界上最著名的物理学家——之手，其历史价值非常高，它至少提供了爱因斯坦产生“追光”思想时的大致知识背景。同时，他的这篇小文章还如实地反映了1890中期，传统德国电动力学的两个突出特点：相信电磁以太的存在以及缺乏电流的物理图像^[4]。

1896年，爱因斯坦进入ETH，跟随 Heinrich Weber 开始正式学习电动力学。1898年春天，在给之后成为他妻子的 Mileva Maric 的信中我们了解到，爱因斯坦从 Drude 的《以太物理》中自学了麦克斯韦理论^[3]。如果他之前仍着迷于以太的机械概念，那么这本书一定会是一个很好的治疗，因为 Drude 排斥以太内部过程的任何图像，并建议将以太重新定义成具有特殊物理性质的空间。

1899年夏天，爱因斯坦正在钻研赫兹的名著《关于电力传播的研究》，他在8月10日给 Mileva 的信中这样说：

“我越来越确信，目前的动体电动力学不符合真实情况，应该有可能将它以更简单的方式表述出来。在电学理论中引入‘以太’这个名称，导致了一种介质的观念，人们可以谈论它的运动，我相信，但不能将一种物理意义与之联系起来。我相信，电力只有对于空的空间

(empty space)才可直接定义,这一点赫兹也强调过。另外,也不应当把电流理解为‘电极化状态随时间消失’,而应当理解为真实的电质量(electric masses. 笔者注:指带电颗粒)的运动,其物理真实性似乎源于电化学当量……。既然如此,电动力学就应该是在真空中运动着的电和磁(electricities and magnetisms. 笔者注:指带电颗粒和磁体)的科学。”^[3]

值得指出,爱因斯坦在此处并不是怀疑(光)以太的存在,而只是想去除机械以太之最粗糙的物质属性:运动。另外,在钻研赫兹之前,爱因斯坦还研究过亥姆霍兹^[3],所以这里的“电质量”和“电化学当量”等都应该是从那里学到的,而“电极化状态随时间消失”也许是直接从麦克斯韦或间接从Föppl的书上学到的^[4]。但是,爱因斯坦已把从Drude、赫兹和亥姆霍兹等不同来源学到的东西进行了相互嫁接,形成了自己的图像,事实上,它已与我们之前介绍过的洛伦兹电子论很相似了。

爱因斯坦在1899年9月10日给Mileva的信中,谈到了下面的一个新想法:

“在阿劳时我想出了一个好主意,来考查相对于光以太运动的物体对光的传播速度(在透明物体中)有什么影响。关于这件事我还想到了一个理论,在我看来还是很有可能的。”^[3]

很显然,此时的爱因斯坦,认为相对于以太运动的物体具有可观察的物理效应,并且将其作为对他新的电动力学概念的一种确认。另一个显然的事实是,爱因斯坦对动体光学的当下进展一无所知。

当他把上述一系列想法写下来交给Weber教授时,因为后者知道

洛伦兹的理论和有关以太运动的近期讨论,所以对爱因斯坦的反应极其冷漠(Stiefmütterlich)。他让爱因斯坦去读维恩1898年写的有关以太运动的文章,其中包含了洛伦兹观点的简短描述,以及一个相当完整的重要实验汇总(13个),包括Fizeau实验和迈克尔逊—莫雷实验。^[4]

有趣的是,在读了维恩的著作一年之后,爱因斯坦仍在尝试找到简单的办法去测量物体相对于以太的运动,下面是他1901年9月6日写给Marcel Grossmann的信:

“我现在想到一个简单得多的方法来研究物体相对于光以太的运动,这个方法只是以通常的干涉实验为依据。要是无情的命运能给我一次付诸实行所必要的时间和安宁就好了!当我们再会晤的时候,我将向你讲述这方面的情况。”^[3]

1901年12月17日,爱因斯坦在信中告诉Mileva:

“我正以极大的热忱来研究一种动体的电动力学,它看来会成为一篇出色的论文。我写信告诉过你,对于相对运动思想的正确性,我曾经怀疑过。然而我的这一怀疑只是凭着一个简单的计算错误为依据。我从来没有比现在更相信它了。”^[3]

过了两天,1901年12月19日,爱因斯坦在给Mileva的信中兴奋地讲述:

“今天我整个下午都在苏黎世Kleiner教授那里。我向他解释我对动体电动力学的想法,此外还谈到一切可能发生的物理问题。他毕竟不完全像我猜想的那样昏庸,首先,他是一个好人。他已经说了,只要我需要介绍信,他随时都可以作证。他真好,难道不是吗?假期中他必须外出旅行,这篇论文(笔者注:指爱因斯坦的博士论文)他还没

有阅读。我对他说,千万别着急,这件事对我并不紧迫。他劝我把有关动体的电磁光学理论的见解连同实验方法一并发表出来。他认为我提出的实验方法是可以想得出的方法中最简单也是最适当的一种。对于这个结果我非常高兴。我在最近几周内一定要把这篇论文撰写出来。”^[3]

至此,爱因斯坦的狭义相对论之路的上半段(1895—1901年)告一段落。简言之,与我们在文章开头所引的第一段爱因斯坦的回忆截然不同,至少到1901年底,没有任何事实和证据表明他有相对性原理和光速不变原理的思想。特别是,假如他真的将那篇“出色的论文”按期发表出来的话,那么我们这些后代将会看到与今天的形象非常不同的一个爱因斯坦。

非常遗憾的是,爱因斯坦的狭义相对论之路的下半段(1902—1905年)完全无迹可寻,迄今为止的所有文献都无法给我们提供任何有用的直接线索。另外,从他与Mileva和其他人所保存的通信,以及他所发表的学术论文来看,1902—1904年间爱因斯坦的学术研究主要集中在热学,或说热力学和统计物理方面。

毫无疑问,在1902—1905年的某个时间点上,爱因斯坦的观念发生了根本改变,从一个执着测量物体相对以太运动的人,变成一个彻底抛弃以太而坚信相对性原理的人。与上半段的心路历程不同,下半段由于缺乏爱因斯坦本人所留存的原始陈述,我们只能通过考察同时代相关学者的思想,以及爱因斯坦是否受到过他们的影响,来间接推断这种变化如何“由一个人对另一个人的影响所导致”。

20世纪初，事实上只有两位研究电动力学的著名学者是笃信相对性原理的，一位是庞加莱，另一位是 Alfred Bucherer。庞加莱的信念主要基于：对以太存在的怀疑，对力学普遍原理的信念，以及从实验上测量地球相对以太运动失败的事实。总之，他认为，将相对运动原理应用于由多个物体组成的系统时，作为描述电磁传播现象而引入的假定(hypothesis)——以太，不应该被当作一个物体来对待，而各种测量地球相对以太运动的一级和二级效应的失败，证实了他的直觉。类似的，另一位相对性原理的信仰者 Bucherer，他把以太看作是多余的手脚手架(scaffolding)，将实验上反复测量地球相对以太运动的失败，看作是相对性原理普适性的一个标志^[4]。

1902—1904年间，爱因斯坦还在伯尔尼专利局工作的时候，他曾与朋友 Maurice Solovine 和 Conrad Habicht 三人组成了一个所谓“奥林匹亚学院”(Akademie Olympia)，举行内容广泛的“定期哲学阅读和讨论晚会”。1956年，Solovine在爱

因斯坦逝世后的回忆录里，给出了他们当年一起读过的书籍目录，这些书形成了他们讨论的基础，其中包含了庞加莱1902年出版，1904年被翻译成德文的《科学与假设》。耐人寻味的是，Solovine从这众多的书籍中单独挑出庞加莱的这一本，给了如下评论：“它深深地吸引了我们，让我们着实入迷了好几星期(It engrossed us and held us spellbound for weeks)”。五十多年过去了，庞加莱的这本书还能给 Solovine 留下如此深刻的印象，不难想象，它对于当年(1904年)正在苦苦思索动体电动力学而遇到瓶颈的爱因斯坦，应该会有更多的启发吧。

细心的读者不难发现，在前面的《文一》至《文四》中，我们曾大量引用过庞加莱《科学与假设》中的原话，目的其实就是想说明，如果这些内容能引起我们的共鸣，则对爱因斯坦就更不必说了吧。另外，庞加莱1898年的《时间的测量》一文(被明确地引在《科学与假设》中第六章的第2页上)里有光速不变公设，以及用光信号进行时间测量和异地同时性判断的明确阐述

(见《文三》)。总之，虽然爱因斯坦在1902—1905年间的观念改变可能存在多方面因素，但他受到过庞加莱思想的影响和启发，肯定是一个重要的因素。

《爱因斯坦全集》第二卷的编者按，在第227页上有下面这段文字^[5]：

“他(笔者注：指爱因斯坦)信中对从1898到1901年发表在 *Annalen der Physik* 上的文章的评论表明，在这些年中他定期阅读该刊，并且研究了其中的许多文章。设他在1902年到1905年间继续这么做是合乎情理的。在这些年中，有不少有关动体电动力学和光学的重要论文发表在 *Annalen* 上。”

从这个线索出发，我们接下来考察一下爱因斯坦在1905年6月之前，是否知道洛伦兹1895年之后的工作和“庞加莱继续下去的研究”，特别是洛伦兹的完整时空变换公式(1904年)和庞加莱1900年的文章(其中包含通过光信号对异地时钟进行同步的方法，来获得一级近似下动系和静系的时间变换公式： $t' = t - vx/c^2$ ，以及一束能量为 E 的光具有 $m = E/c^2$ 的惯性)。

维恩1904年3月发表在 *Annalen der Physik*, 13, 641-668 上的《动体电动力学的微分方程》文章，是为庆祝玻尔兹曼60岁生日的 Boltzmann-Festschrift 《玻尔兹曼纪念文集》而作，其中包含了完整的洛伦兹时空变换公式，同时也明确引用了庞加莱1900年的文章；维恩1904年7月发表在当年德国另一主流杂志 *Physikalische Zeitschrift*, 5, 576-579 上的《电子理论》文章，不仅包含了完整的洛伦兹时空变换公式和场的变换式，还明确引用了洛伦兹1904年的文章^[4]。

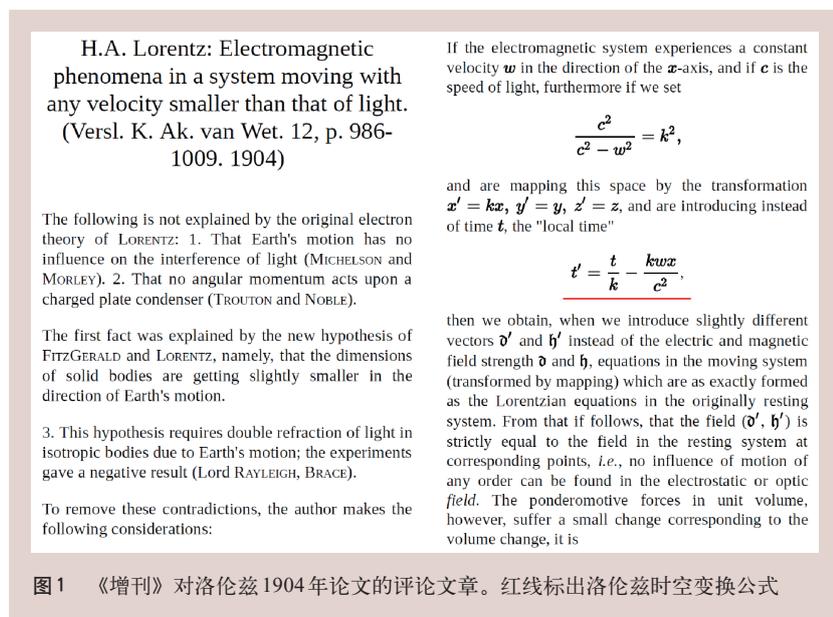


图1 《增刊》对洛伦兹1904年论文评论文章。红线标出洛伦兹时空变换公式

另外，爱因斯坦在 *Annalen der Physik* 上发表他的第一篇论文的4年后，于1905年开始为该刊的增刊 *Beiblätter zu den Annalen der Physik* 写评论。该刊每月出两期，每年合订本由24期刊物构成。爱因斯坦为《增刊》(*Beiblätter*)共写过23篇评论，除2篇外全部发表于1905年出版的第29卷(其中为 Boltzmann-Festschrift 《玻尔兹曼纪念文集》的117篇论文中评论了3篇)^[5]。

《增刊》对洛伦兹1904年论文的评论文章刊登在1905年第29卷的第4期(2月下旬)，其中包含了完整的洛伦兹时空变换公式(图1)。很巧，爱因斯坦为该刊所写的第一篇评论文章刊登在1905年的第5期上(3月上旬)。

或许可以这么说，爱因斯坦在1905年6月前，是否知道完整的洛伦兹时空变换式，虽不能完全敲定但却是大几率事件。

下面是出现在爱因斯坦1905年的《论动体的电动力学》原文中的一段话，它在某种程度上提供了直接的证据，表明爱因斯坦读过庞加莱1900年的文章。该论文的第10节“(缓慢加速的)电子的动力学”中，有这样一段非常奇怪的话：

“按照通常考虑的方法(in Anlehnung an die übliche Betrachtungsweise)，我们现在来探究运动电子的‘纵’质量和‘横’质量。”

然而，对于了解20世纪之初这段历史的人都知道，纵质量和横质量是刚刚于1902年，才由哥廷根的著名理论物理学家 Max Abraham(我们在《文二》中多次提到他的刚性电子模型)，在《电子的动力学》一文中引入的两个新的重要概念^[6]，之前根本不存在，何来“按照通常考虑的方法”？同时，爱因斯坦这一

Aehnlich, wie das Energieprincip, verhält sich der Schwerpunktsatz. Die mechanische Bewegungsgröße eines mit elektrischen Ladungen behafteten Systems wird im allgemeinen durch innere Kräfte verändert; denn die ponderomotorischen Kräfte, welche die Ladungen auf einander ausüben, genügen keinesweg dem Principe der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung. Die Stellung der Lorentz'schen Theorie zum dritten Axiome Newton's dissocierte besonders eingehend Herr H. Poincaré¹⁾; er betonte, daß der Satz der Erhaltung der Bewegungsgröße seine Gültigkeit behält, wenn dem electromagnetischen Felde eine bestimmte Bewegungsgröße zugeschrieben wird. Diese electromagnetische Bewegungsgröße (\mathfrak{E}) wird, nach Richtung und Betrag, durch das über das ganze Feld erstreckte Integral bestimmt

$$6) \quad \mathfrak{E} = \frac{1}{c} \cdot \iiint de \mathfrak{E},$$

wo

$$6a) \quad \mathfrak{E} = \frac{c}{4\pi} \cdot [\mathfrak{E}, \mathfrak{H}].$$

den Poynting'schen Strahlvector darstellt. In der That, aus der Lorentz'schen Theorie folgt²⁾, daß der von den inneren Kräften

1) Daß der Ansatz (1), für die ponderomotorische Kraft dem verallgemeinerten Energiegesetz genügt, beweist H. A. Lorentz, l. c. pag. 22.

2) H. Poincaré, Arch. Néerl. (2) S. p. 262-273. 1900.

3) Dies bezieht die Gleichung (15) auf pag. 26 des citierten Buches von H. A. Lorentz.

26

M. Abraham,

erzeugte Impuls durch die gleichzeitig stattfindende Abnahme der electromagnetischen Bewegungsgröße compensiert wird, falls die auf die Grenzfläche des Raumes v von den Maxwell'schen Spannungen ausgeübte Kraft verschwindet; bei quasistationärer Electronenbewegung ist diese Bedingung erfüllt, wenn das Volumintegral der Gl. (6) über den ganzen Raum erstreckt wird. Mithin lautet der verallgemeinerte Schwerpunktsatz: Die Zunahme, welche der resultierende Vector der mechanischen und der electromagnetischen Bewegungsgröße in der Zeiteinheit erfährt, ist der äußeren Kraft gleich

图2 Abraham 1902年的《电子的动力学》文章。红线标出文章中对庞加莱1900年文章的引用

节的标题“(缓慢加速的)电子的动力学”，实际上只是对 Abraham 在1902年的这篇文章中首次提出的“准静态运动”的改写。作为对照，无论是洛伦兹在1904年的文章中，还是庞加莱在1905年的《七月文章》中，在谈到同一个问题(电子的动力学)时，他们都不仅解释而且沿用了 Abraham 的“准静态运动”这个名称，也都明确提到 Abraham 的名字而且把功劳(credit)归功于他。奇怪的是，爱因斯坦用了 Abraham 的这个概念，但却换了一个说法，而且不提 Abraham 的名字或是引用他的文章！

爱因斯坦1905年的《论动体的电动力学》这篇长文，全篇零引文，难道真像一些人所说，是因为爱因斯坦不知道如何引用前人的文章吗？显然不是！1905年被称作是爱因斯坦的奇迹年，比《论动体的电动力学》早3个月，爱因斯坦还投寄了一篇《关于光的产生和转化的一个试探性观点》，俗称光电效应的论文，其中，爱因斯坦7次引用前人的工作，最新引到1903年的文章^[5]。因此，《论动体的电动力学》这篇长文，全篇零引文与他能否读到当下文献以及会不会引用毫

无关系。

值得注意的是，就在爱因斯坦显然仔细研究过的 Abraham 1902年的《电子的动力学》文章中，有下面一段有关庞加莱的叙述：

“重心定理的行为与能量原理类似。带有电荷的系统的机械运动通常由内力改变；因为电荷间相互施加的力决不满足作用与反作用相等的原则。庞加莱先生详细讨论了洛伦兹理论与牛顿第三公理的关系(脚注2)。他强调，如果电磁场具有一定的动量，则动量守恒定理仍然有效。……因此，广义的重心定理变为：单位时间内，机械动量和电磁动量的矢量和的增加等于外力。”

同一页的下方，脚注2正是庞加莱1900年的文章(图2)。

另外，Abraham 于1903年还写过一篇论文《电子动力学的原理》，发表在 *Annalen der Physik*, 10, 105-179 (1903)上，其中谈了类似的事情，也明确引用了庞加莱1900年的文章。再加上前面提到的维恩于1904年发表在 *Annalen der Physik* 上的文章，也明确引用了庞加莱1900年的文章。所以，不难推测，爱因斯坦在1905年6月前，应该读过庞加莱1900年那篇重要文章。

综上所述，虽然爱因斯坦的狭义相对论之路的下半段(1902—1905年)完全无迹可寻，但从他自己1905年独立于庞加莱而创立的狭义相对论的论文中，从他在“奥林匹亚学院”与同伴所读的书籍中，从他长期养成的学术期刊的阅读习惯中，从他为期刊所做的论文评述工作中，我们不难看出，在1902—1905年这段时间中，爱因斯坦观念发生的根本改变，至少有清晰可见的庞加莱、Abraham甚至是洛伦兹的影子和启发。

不得不说，与我们文章开头所引的爱因斯坦自己的第二段回忆完全不符，在1905年6月，爱因斯坦显然不只是知道洛伦兹1895年的论文，至少他还应该知道庞加莱1900年的文章和1902年的书《科学与假设》，Abraham 1902/1903年的文章，以及洛伦兹1904年的完整时空变换式。

然而，即使如此，笔者必须强调，所有这些“知道”只是提供了可能的影响和启发，而爱因斯坦独立于庞加莱创立了狭义相对论却是勿容置疑的事实。

2 爱因斯坦的狭义相对论简介

在梳理了爱因斯坦通往狭义相对论之路后，我们现在来看看爱因斯坦的狭义相对论本身。爱因斯坦1905年《论动体的电动力学》论文的引言，一百多年来始终被人津津乐道，我们完整地引用如下：

“大家知道，麦克斯韦电动力学——像现在通常为人们所理解的那样——应用到运动的物体上时，就要引起一些不对称，而这种不对称似乎不是现象所固有的(笔者注：即所观察到的现象并不具有不对称性)。比如设想一个磁体同一个导体

之间的电动力的相互作用。在这里，可观察到的现象只同导体和磁体的相对运动有关，可是按照通常的看法，这两个物体之中，究竟是这个在运动，还是那个在运动，却是截然不同的两回事。如果是磁体在运动，导体静止着，那么在磁体附近就会出现一个具有一定能量的电场，它在导体各部分所在的地方产生一股电流。但是如果磁体是静止的，而导体在运动，那么磁体附近就没有电场，可是在导体中却有电动势，这种电动势本身虽然并不相当于能量，但是它——假定这里所考虑两种情况中的相对运动是相等的——却会引起电流，这种电流的大小和路线都同前一情况中由电力所产生的一样。

诸如此类的例子，以及企图证实地球相对于“光介质”运动的实验的失败，引起了这样一种猜想：绝对静止这概念，不仅在力学中，而且在电动力学中也不符合现象的特性，倒是应当认为，在力学方程成立的一切坐标系中，对于上述电动力学和光学的定律都同样适用，对于一阶微量来说，这是已经证明了的。我们要把这个猜想(它的内容以后就称之为“相对性原理”)提升为公设，并且还要引进另一条在表面上看来同它不相容的公设：光在空虚空间里总是以一定的速度 v 传播着，这速度同发射体的运动状态无关。由这两条公设，根据静体的麦克斯韦理论，就足以得到一个简单而又不自相矛盾的动体电动力学。“光以太”的引入将被证明是多余的，因为按照这里所要阐明的见解，既不需要引进一个具有特殊性质的“绝对静止的空间”，也不需要给发生电磁过程的空虚空间中的每个点规定一个速度矢量。

这里所要阐明的理论——像其他各种电动力学一样——是以刚体的运动学为根据的，因为任何这种理论所讲的，都是关于刚体(坐标系)、时钟和电磁过程之间的关系。对这种情况考虑不足，就是动体电动力学目前所必须克服的那些困难的根源。”

多么清澈透明(crystal clear)!难怪当年的物理学家会这么快地接受爱因斯坦的狭义相对论。下面我们就围绕着这个引言具体加以讨论：

(1)庞加莱和爱因斯坦相差52岁，对动体电动力学研究的艰辛，切身感受存在显著差别。对前者以及洛伦兹等老一辈而言，地球相对于以太究竟是否存在运动，是一个纠结了很久的严肃的大问题；洛伦兹相信有，庞加莱相信无，因此从局域时间、长度收缩，到完整的洛伦兹变换，一路走来都是跌跌撞撞的，直到庞加莱1905年的一锤定音，才终于将这个问题彻底解决。但也因此，庞加莱1905年的《六月文章》和《七月文章》，其写作语境仍完全延续传统的讨论方式和语言，其写作对象也完全是针对动体电动力学研究的小同行，然而像李群和赝几何这些构成庞加莱狭义相对论的原创核心内容，除了数学家外，那些当年的物理小同行包括洛伦兹也不可能看明白，所以自然就成了真正的阳春白雪而曲高和寡。而今天的读者仍然是读不懂，因为那套语境实在距离我们太遥远了，所以才常有人说，庞加莱1905年的文章只讨论了过时的电子动力学而与相对论无关。

然而，爱因斯坦完全不同，虽然他早年也一直梦想测量地球相对于以太的运动，但毕竟只是想想而已，并没机会付诸实施。因此，他

不存在什么真正的纠结,更谈不上什么包袱,所以一句“企图证实地球相对于‘光介质’运动的实验的失败”,甚至连一级、二级效应都无需提及,再加上一句“光以太的引入将被证明是多余的”,就轻装上路了。

(2)爱因斯坦的狭义相对论最受后人称赞的是,整个理论基于两条公设或原理——相对性原理和光速不变原理,由刚体(坐标系)的运动学出发,便可直接导出洛伦兹的时空变换式。这是一套物理学家非常容易接受的语言,所以,新老力学的运动学其反差之大,即刻就能抓住人们的眼球,虽然这个变换一年之前已由洛伦兹给出了,而且得到的逻辑恰好反过来,由无源麦克斯韦—洛伦兹方程的协变性来要求这个变换,而不是如庞加莱和爱因斯坦那样,先得到这个变换,然后来证明麦克斯韦—洛伦兹方程是协变的。

作为大数学家的庞加莱,显然不是不能,而只是不愿将他的整个理论基于公设或原理来建立。否则,如果他愿意像爱因斯坦那样来写他的狭义相对论文章,我们完全可以帮他设想如下。假设:(i)我们所处的空间和时间构成了一个四维赝欧几何空间 (x, y, z, ict) , (ii)其中 c 是一速度常数(无需与光或电磁有任何关联),则可得到:(a)相互运动(速度小于 c)的惯性系间的洛伦兹变换,便等价于四维空间坐标轴绕原点的转动,也就是保持四维时空间隔 $(x^2+y^2+z^2-(ct)^2)$ 或 $dx^2+dy^2+dz^2-(cdt)^2$ 不变的变换;(b)洛伦兹变换与三维空间转动一同构成了一个群——洛伦兹群;(c)物理学定律具有洛伦兹群的对称性。这就够了。事实上,庞加莱在1905年的

《七月文章》中不就是这样做的吗?

正像我们在《文一》中强调的那样,如果庞加莱真的将他《七月文章》的第四节加上第九节中的相关内容放在了第一节,那么后人即使想,也绝对不可能遗忘庞加莱的狭义相对论。

(3)爱因斯坦的狭义相对论还有一个备受后人称赞的观念是:“‘光以太’的引入将被证明是多余的,因为按照这里所要阐明的见解,既不需要引进一个具有特殊性质的‘绝对静止的空间’,也不需要给发生电磁过程的空虚空间中的每个点规定一个速度矢量”。实际上,爱因斯坦在这里,是有点名地分别对洛伦兹和维恩的以太观念提出了正确的批评。

将爱因斯坦、庞加莱和洛伦兹放在一起,比较一下他们各自在1905年时对于以太的观念,或许是有益的。在某种意义上说,此时的爱因斯坦和洛伦兹,在对待以太的态度上分别属于两个极端,前者认为完全是多余的,后者认为是真实的存在。有趣的是,庞加莱恰好处在中间,他认为“以太是否真的存在没有什么关系,那是形而上学家的事情。对我们而言重要的是,一切事情发生就像它存在那样,这个假定(hypothesis)只是为了解释现象的方便。”所以,一方面,在他的言说或语境中,庞加莱自始至终从未放弃过以太这个词,在这一点上,他似乎站在了洛伦兹一边。但另一方面,庞加莱也从未给予以太任何不恰当的物理性质,比方说,“静系”对于洛伦兹而言,就意味着静止的以太系,而“动系”就意味着相对于以太运动的动系;但对于庞加莱而言,“这两个系统,其中一个不动,另一个作平移运动,将互为

完全相同的影像(become exact images of each other)”(见《七月文章》),在这一点上,他显然是站在爱因斯坦一边。事实上,无论是从群论还是赝欧几何的数学来看,根本没有绝对坐标系的位置,所以庞加莱才会旗帜鲜明地声称“不存在绝对空间并且我们只能设想相对运动”。有趣的是,十几年后的爱因斯坦,对以太的看法又发生了变化,与庞加莱的观念越来越靠近(见《文三》)。

针对“动体电动力学目前所必须克服的那些困难”,在之后的运动学部分,爱因斯坦首先引入“静系”,给出了异地同时性的定义;然后引入“动系”,讨论了空间和时间的相对性,特别是同时性的相对性等问题。接着,采用与庞加莱在1900年论文中同样的方法,即通过光信号对异地钟进行同步的方法,得到了严格的“动系”和“静系”的时间变换公式: $t' = \varphi(v)\gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right)$,以及坐标变换公式: $x' = \varphi(v)\gamma(x - vt)$,再通过引入第三个坐标系的办法,简单明了地证明了 $\varphi(v) = 1$ 。这样,爱因斯坦就从最基本的刚体运动学的角度,完整地建立了洛伦兹时空变换式。接着,作为洛伦兹时空变换式的应用,爱因斯坦给出了长度收缩、时间膨胀以及速度加法定理等结果。

但不知为什么,爱因斯坦并没有像庞加莱在他的《七月文章》那样,除了这些结果之外,也给出异地同时性之相对性的定量表达,虽然这对于爱因斯坦而言也是小菜一碟的事。另外,如我们在《文三》所说,庞加莱在1900年论文中,为了得到洛伦兹的“局域时间”,通过光信号对异地钟进行同步的方法,

只给出了一级近似下的“动系”和“静系”的时间变换公式： $t' = t - vx/c^2$ ，并且没给出推导过程。

(4)最后，我们来对爱因斯坦全文的开篇第一段“麦克斯韦电动力学——像现在通常为人们所理解的那样——应用到运动的物体上时，就要引起一些不对称，而这种不对称似乎不是现象所固有的。……都同前一情况中由电力所产生的一样。”做点分析，看看能不能获得更多有关爱因斯坦心路历程的信息。

整个这一段话的核心思想在于，套用他自己事后的语言：“认为这两种情况之间存在着本质区别，这对我来说是不可忍受的”^[7]。当他在该文的电动力学部分，严格证明了无源麦克斯韦—洛伦兹方程组的协变性，以及有源麦克斯韦—洛伦兹方程组与相对性原理是兼容的之后，爱因斯坦领悟到，因为电场和磁场依赖于观察者所在的参照系，完全是相对的而不是绝对的物理量，所以究竟导体在动还是磁体在动就不再重要了，这样一来，原先感应电流产生机制的表观区别便消除了。然而，不得不说，爱因斯坦只是定性上对了，定量上并不正确。

正如我们在《文二》中强调的，电动力学的完全协变性，除了麦克斯韦—洛伦兹方程组的协变外，洛伦兹力也必须是协变的。在这个导体—磁体的具体问题上，洛伦兹力的协变性才是完全消除不同电流产生机制的关键。遗憾的是，正是对这一概念的疏漏，使得爱因斯坦并没能像庞加莱那样建立洛伦兹力的协变性，进而得到正确的电子的相对论运动方程(见《文二》)。另外，因为爱因斯坦没有独立地获

得电荷密度和电流密度的洛伦兹变换式，所以他也没能像庞加莱那样严格证明有源麦克斯韦—洛伦兹方程组的协变性，而只能证明它们与相对性原理是兼容的。这两件事，看似孤立，实质上是紧密相关的。之所以庞加莱做到了，而爱因斯坦没能做到，差别就在于前者有而后没有我们之前《文二》中提过的“独门暗器”——四维时空的图像。实质上，这就是四矢量在时空坐标轴转动(洛伦兹变换)下的变换问题，无非一个是 $(f, f \cdot u)$ ，另一个是 $(\rho u, \rho)$ 而已。

好了，爱因斯坦这篇《论动体的电动力学》文章，我们就讨论到这里。接下来，我们来讨论他的另一篇文章。毫无疑问， $E = mc^2$ 早已成为普通公众眼中爱因斯坦相对论的标志了，这源于他1905年9月完成的一篇短文《物体的惯性同它的能量有关吗》。与上篇论文一样，这篇文章除了引用了自己3个月前的文章，也没有引用任何前人的论文。但是，爱因斯坦这篇文章所涉及的内容与庞加莱1900年的文章，显然存在高度的关联性甚至是继承性，而他此时应该读过庞加莱的这篇文章却不引用，很难不给人以某种程度上的学术不规范之嫌疑。正如Abraham所说，在庞加莱的这篇文章中：“庞加莱先生详细讨论了洛伦兹理论与牛顿第三公理的关系。他强调，如果电磁场具有一定的动量，则动量守恒定理仍然有效。”特别是，庞加莱明白无误地指出，一束电磁辐射就等价于惯性为 $m = E/c^2$ 的一种假想流体(fictitious fluid)：

“因此，从我们的观点看，电磁能相当于一个具有惯性(笔者注：

即质量)的流体。我们必须承认，如果一个装置(device)产生电磁能(笔者注：比如一束光)，沿一个方向辐射出去，那么这个装置必然会受到一个反冲，就像大炮发射炮弹那样。当然，如果这个装置是各向同性地辐射能量，就不存在反冲；反之，当这个对称性不在，以及当能量沿一个方向发射出去，那么这个反冲就一定会有。很容易定量地估计一下这个反冲的数值，假定这个装置是1 kg，并且它沿一个方向发射了300万焦耳的一束光，那么这个反冲的速度就是1 cm/s。”

而爱因斯坦在这篇文章中所给的模型，恰恰就是用了庞加莱这里提及的无反冲情形：一个物体向正反两个方向，分别发出同样能量的两束光。如我们在《文二》中所述，庞加莱在1905年、普朗克在1906年已经严格地得到了有质物体的质能关系 $E = mc^2$ 。

其实，人们早就发现(爱因斯坦仍在世)，爱因斯坦这篇文章与庞加莱1900年工作的关联性，Herbert Ives在1952年(发表于美国光学会刊)的《质能关系的推导》一文的摘要中这么说(图3)：

“辐射之质量(the mass equivalent of radiation)已经隐含在庞加莱的辐射动量公式中了，发表于1900年，并且被庞加莱用在展示他的分析的应用中。辐射之质量与辐射物的质量损失的相等，可以从庞加莱的辐射动量(1900年)和他的相对性原理(1904年)中推导出来。爱因斯坦1905年推导的论证过程，受到过普朗克的质疑，是有缺陷的。他没有导出质能关系。”

这里的最后一句话，Ives是说爱因斯坦的推导存在循环论证的缺

陷。但三十年后，Stachel为爱因斯坦进行了辩护(AJP, 50, 760(1982))。当然，普朗克1907年严格得到了爱因斯坦在这篇《物体的惯性同它的能量有关吗》文章中的结论(见 Ives 文章的引文6)。

另外，爱因斯坦于1906年5月又完成了一篇论文(可以看作是对《物体的惯性同它的能量有关吗》的补充)，证明了上篇文章的质能关系 $\Delta m = \Delta E/c^2$ (至少在一级近似下)，是发生了力学和电磁学过程的系统重心动量守恒的充要条件。正如他自己已经注意到的，这篇文章基本上只是再现了庞加莱的结果：

“虽然为证明这个陈述所必须的简单的形式考虑，已经主要包含在庞加莱(笔者注：此处引了庞加莱1900年论文)的工作中，但是为了清晰起见，我自己将不以这项工作为基础。”^[5]

这是爱因斯坦第一次在正式的学术论文中提到庞加莱的名字并引用了他的1900年文章。其实，他早在前述1905年的两篇文章中就这么做了，因为在第一篇《论动体的电动力学》中，他采用了庞加莱的用光信号同步时钟的方法来获得洛伦兹变换式，在第二篇《物体的惯性同它的能量有关吗》中，他借鉴了庞加莱的电磁辐射之惯性为 $m = E/c^2$ 的原创性思想。

事实上，回过头来看，如果爱因斯坦在1905年的两篇文章中不是零引文，而是把该引的全引上(原创性当然就弱了)，他作为狭义相对论的两个创立者之一的历史地位并不会改变，失去的只是那个本身并不存在的人造神话，而且他一定会得到我们这些后代更大的尊敬。

3 庞加莱的狭义相对论是如何被遗忘的

在介绍了庞加莱和爱因斯坦各自的狭义相对论后，我们现在想考察一下，为什么这两个理论会有如此不同的命运。另外，有关庞加莱和爱因斯坦，长久以来最为人津津乐道的一件事就是，他俩在此后各自的多次有关狭义相对论的演讲和文章中，从未提到过对方。接下来，我们就按时间的大致顺序“八卦”一下。

3.1 狭义相对论的接受史

上世纪初，由于物理学研究的中心已转移到了德国，加上庞加莱的《七月文章》是以法文发表在意大利的一个专业数学杂志上，而且1906年才登出来，因此爱因斯坦的工作首先引起关注一点也不奇怪。普朗克是物理学界第一个关注到爱因斯坦工作的人，并很快跟进做出了他自己的贡献，比如，《相对性原理与力学的基本方程》(1906年，内含电子的相对论运动方程)，《运动系统的动力学》(1907年，内含对爱因斯坦质能关系推导的批评和他自己的严格推导)。接着，Von Laue、Laub 和 Ladenburg 等年轻人也都开始跟进。正因为这些，1907年9月爱因斯坦便接到了 Johannes Stark

教授的邀请，为《放射性和电子学年鉴》写一篇有关狭义相对论的综述文章。在给 Stark 的回信中，爱因斯坦对于 Stark 把质能关系的发现归功于普朗克非常不爽，他这么说：

“有关惯性质量和能量的联系，您不承认我的优先权，我颇感困扰。”在收到 Stark 承认他的优先权的和解回信后，爱因斯坦对他原先急躁的反应表示歉意，并在回信中说：

“对那些被认为是对科学进步做出某种贡献的人，当他们的成果被这类事情弄得模糊不清，不会感到愉快。”

颇具讽刺的是，看了爱因斯坦的这两段话，很难不让人产生这样的联想：既然如此在乎学术优先权，那他自己怎么可以在如此重要的两篇狭义相对论文章中，明知应该和如何引用，却完全有意忽视前人的工作，而不作任何引用呢？特

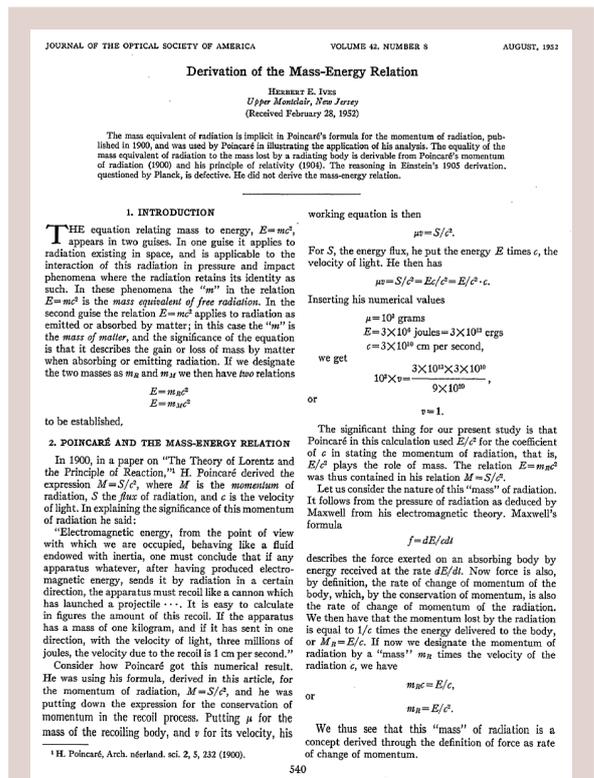


图3 Herbert Ives 在1952年发表于美国光学学会的《质能关系的推导》

别是，虽然解释有赖于具体情况，但毕竟前所未有的质能关系 $m = E/c^2$ ，以及用光信号对运动时钟进行校准想法的第一次出现，都是在他应该读过的庞加莱的1900年文章上而不加以引用呢？

爱因斯坦的这篇综述《论相对性原理和由它导出的结论》，由牛顿运动方程的伽利略变换开头，在谈到洛伦兹的一级近似理论和迈克尔逊—莫雷实验的矛盾后，他这样说：

“众所周知，理论与实验之间的这种矛盾，可以通过洛伦兹和Fitzgerald的假设(根据这种假设，运动物体在运动方向发生一定的收缩)在形式上消除。然而，这一特设假设，似乎只是一种拯救理论的人为方法：迈克尔逊—莫雷的实验，实际上恰好证明现象是符合相对性原理的，虽然这并不是洛伦兹的理论所预期的结果。因此，看起来洛伦兹的理论似乎应该被舍弃，而以一个基础与相对性原理相合的理论来取代，因为这样一个理论能够方便地预测到迈克尔逊—莫雷实验的零结果。

然而，令人吃惊的是，只需足够准确的时间概念便能摆脱上述困境。人们只要意识到，洛伦兹引进的他称之为“局域时间”的这个辅助量，可以被直接定义为普通的“时间”。如果遵守这一时间定义，并把前面的变换方程用符合新的时间概念的变换方程来代替，那么洛伦兹理论的基本方程(笔者注：指麦克斯韦—洛伦兹方程组)就符合相对性原理了。这样，洛伦兹和Fitzgerald的假说便像是理论的必然结果。只有作为电场和磁场的载体的光以太的概念不再适合于这里提出的理论，因为电磁场在这里不再以某种物质

的状态出现，而本身就是独立存在的东西，它类似于有质物体且共享惯性的特征。”

事实上，这两段话透露出了非常重要的信息。上述第一段划线部分，是爱因斯坦第一次明确提到了洛伦兹的“局域时间”概念(1895年)，而且也明确说出了他自己的贡献无非是将其直接定义为“时间”而已。类似的表达本来应该出现在他1905年的第一篇狭义相对论文章中才是合理和正常的啊！同时，“局域时间”对于洛伦兹来说确实是一个数学的“辅助量”，但庞加莱在1900年的文章中不是已经将它称为“表观时间”(动系中的时间)了吗？而且爱因斯坦自己的所谓“直接定义”不就是借用庞加莱在那里提出的方法，只是将一级近似的结果做成了严格的结果吗？但是，这一严格结果不就是洛伦兹1904年文章的主要结果吗？另外，上述引文的第二段划线部分中，电磁场的惯性($m = E/c^2$)难道不是Abraham在1902年文章中，明确肯定是庞加莱1900年所做的贡献吗？所有这些，爱因斯坦在写他的1905年文章时都应该知道的，那怎么会在两篇文章中都是零引文呢？……

如我们的《文四》所述，1907年11月和12月，闵可夫斯基在哥廷根数学学会和哥廷根科学学会先后发表两次演讲，因为其中都引用了庞加莱1905年的《七月文章》，所以，到1907年底，庞加莱的狭义相对论工作至少在哥廷根这个当年德国的数学和物理研究中心已广为人知了。

1908年4月，爱因斯坦和Laub合作投寄了一篇论文《关于动体的基本电磁方程》，引言如下：

“在一项新近发表的研究中，闵

可夫斯基先生提出了在动体的电磁过程中的基本方程(笔者注：在此引用了闵可夫斯基1908年文章)。这一研究对读者在数学方面提出了相当高的要求，着眼于这一事实，在这里以一种初等而且在本质上与闵可夫斯基的方式相一致的方式推导出这些重要的方程，我们并不认为是多余的。”

很显然，爱因斯坦对闵可夫斯基在1908年文章《动体电磁过程的基本方程》中的四维时空表述的第一反应并不非常正面。事实上，这个时期的爱因斯坦(1911年前)，甚至认为这是“多余的学识”(superfluous learnedness)^[8]。根据索末菲为庆祝爱因斯坦70岁生日所写的文章，爱因斯坦曾这样说：“自从数学家侵入相对论后，我自己也不再搞得懂了”(Since the mathematicians have invaded the theory of relativity, I do not understand it myself any more.)^[9]。

从我们的《文四》可知，在闵可夫斯基这篇文章中，他两次提到了庞加莱，并明确引用了庞加莱1905年的《七月文章》。因此，爱因斯坦最迟在这个时候就已经毫无疑问地知道了庞加莱的狭义相对论。而根据之前他的庞加莱阅读史，大概很少有人相信，此时(1908年4月)的他，会有意放过庞加莱这篇1905年的《七月文章》而不读吧！

反过来，虽然没有具体时间，但庞加莱毫无疑问一定读过爱因斯坦1905年的两篇狭义相对论文章。当然，没人知道他的读后感想，但仅从内容上说，以我们这一系列文章对此时(1905年7月之后)庞加莱的了解来看，虽然爱因斯坦的这两篇文章，对其他人似乎是“晴天霹

雳”(零引文),但除了如多普勒效应等次要细节外,大概庞加莱不会觉得有什么新意,更不必说他从中应该看到了诸多自己的影子。所以,庞加莱在之后的有关狭义相对论的学术报告和大众科普文章中,从不提及爱因斯坦的名字,不仅可以理解,而且在某种程度上讲,也不失是明智之举。设身处地想一想,他怎么提呢?难道直接说爱因斯坦的这些结果不就是我的公式X、公式Y吗?特别是,后人对庞加莱的最大误解之一,就是说他不懂同时性的相对性,可是同时性的相对性的定量结果,却只能在庞加莱的1905年文章中而不是爱因斯坦的1905年文章中才找得到(见《文一》),更不必说他在1902年就给出了定性结果(见《文四》)!

在对待学术优先权这个问题上,如果庞加莱也像爱因斯坦那样是个“凡人”,那么我们今天在教科书上所读到的故事大概会完全颠倒,因为在科学史上(包括现在的)有关学术优先权的争论,基本上都是“大人物”抢了“小人物”的优先权,而“小人物”抢了“大人物”的优先权还从未听说过。可以设想,假如(也仅仅是假如)庞加莱不仅罗列出爱因斯坦的主要结果他都得到过了,而且逐一举证爱因斯坦的两篇零引文论文中的这个、那个观念都是对他人以往工作的“借鉴”,那么,结果谁赢谁输,难道不是完全可以预料吗?然而,如果历史真是那样发生的话,或许庞加莱是可以赢得这场有关学术优先权的胜利,但他就不再是让我们一提起就肃然起敬的那位先生了。现在,让我们来看看那个真实的庞加莱,在1905年之后是如何看待狭

义相对论,以及如何对待学术优先权的吧。

3.2 庞加莱如何对待学术优先权

虽然到了1909年,在德国学术圈内,爱因斯坦的狭义相对论已完全占主导地位,但被希尔伯特(David Hilbert)首先邀请去哥廷根这个当年德国的数学和物理中心,就相关问题发表演说的却是庞加莱(第二年洛伦兹)。庞加莱在哥廷根一共给了六个演讲,前五个是数学和天文学方面的学术报告,最后一个面向大众的公开演讲《新力学》,听众中有我们前面多次提到的Abraham,也有当时还未出道但之后也是大名鼎鼎的玻恩,当然还有F. Klein(《文三》中与庞加莱笔战的那位)和希尔伯特等大数学家;遗憾的是,此时闵可夫斯基已经过世了。这第六个报告在历史上非常著名,极具讽刺的是,因为之后的各种误解和误读,庞加莱的这个报告不仅没有帮助他(在狭义相对论上)青史留名,反而成为他在狭义相对论的历史上被完全遗忘的一个“正当”理由。至此,读者一定会非常好奇,那他到底说了什么呢?他是这样开头的:

“女士们,先生们:今天我不得不说法语,我不得不为此道歉。的确,在我之前的演讲中,我用德语表达了自己,用的是非常糟糕的德语:你看,说外语就像跛脚走路;有拐杖是必要的。直到现在我的拐杖都是数学公式,你不知道它们对一个不确定的讲演者有多大的支持。今晚的讲演,我不想用公式;我没有拐杖,这就是为什么我必须说法语。

要知道,在这个世界上,没有什么什么是确定的,没有什么是不可动摇的。最强大和最坚固的帝国不会

永远存在:这是传教士经常喜欢发挥的主题。科学理论就像帝国;它们的未来不确定。如果其中有一个看起来不受时间磨损的影响,那肯定是牛顿力学:它似乎无可争议;那是一座坚不可摧的纪念碑,反过来说,我不会说这座纪念碑已经被推倒了,那是鲁莽的,但无论如何,它被强烈地震撼了。它遭受了强大的破坏者的攻击;在座的就有一位,马克斯·亚伯拉罕(Abraham);另一位是荷兰物理学家洛伦兹。我想用几句话和你们谈谈这座旧建筑的废墟,以及人们希望在其上建造的新建筑。”

有趣的是,对一个不了解庞加莱思想体系的人,即使她(或他)从头至尾听完(或读完)庞加莱的这个演讲,也完全不可能找到任何蛛丝马迹,表明庞加莱自己也参与了这一新建筑的建造,更不必说,他实际上不仅参与而且是建造整个新建筑的主要功臣之一。恰恰相反,洛伦兹的名字倒是从头贯穿到尾,庞加莱除了上面把他称作是旧建筑的破坏者,更是在新建筑的构建中,一会儿“我们首先谈一下洛伦兹的非常天才的发明:‘表观时间’”,一会儿“根据洛伦兹的……”,“洛伦兹已经考虑过这个问题……”。这就怪不得玻恩在50年后回忆起庞加莱的这场报告时说:

“这是一次通俗的相对论报告,没有任何公式,只有极少的引证。报告中始终没有提到爱因斯坦和闵可夫斯基,只提到了迈克尔逊、Abraham和洛伦兹。但是庞加莱用的推理方法正是爱因斯坦在1905年第一篇论文里所引入的,我即将谈到这篇论文。这是不是意味着庞加莱比爱因斯坦先知道这一切呢?这是可能的,但奇怪的是,这次演讲

明确地给你一个印象，他是在报告洛伦兹的工作。”^[1]

不得不说，玻恩的这个记忆不仅正确而且非常准确。事实确实如此，庞加莱是比爱因斯坦先知道这一切；而且对于庞加莱而言，因为爱因斯坦和闵可夫斯基的工作并没有（相比他自己的工作）提供什么新思想，所以他不觉得有必要提及；更重要的是，庞加莱确实是想向世人表明，洛伦兹是狭义相对论的主要创建者。

可以想象，假如庞加莱地下有灵，他对于世人今天有关狭义相对论的图像——洛伦兹是先驱者（庞加莱自己是可有可无的先驱者），爱因斯坦是创建者，闵可夫斯基是完善者——一定不会感到满意。如果真要对这四位在狭义相对论中的贡献给一幅图像，笔者猜测，庞加莱头脑中的图像大概是：洛伦兹是创建者，他自己和爱因斯坦是完善者，闵可夫斯基是形式的完善者。

或许读者会纳闷，洛伦兹一再强调他自己当时没有相对性原理的思想，而人们今天也因此将他归入相对论先驱者的行列，那庞加莱为什么却自始至终都将洛伦兹看作是狭义相对论的创建者呢？毫无疑问，这与庞加莱淡泊名利的谦逊美德有一定的关系（因为科学家中的绝大多数，无论贡献大小或者伟大与否，常常为了突出自己的贡献，就需要与前人或别人做切割，就像爱因斯坦和闵可夫斯基做的那样），但却不是最重要的因素。事实上，它与庞加莱的科学哲学密切相关。为了清楚地说明这个重要问题，我们下面稍微展开一点来看看庞加莱有关科学研究的一些深刻洞见。庞加莱在自己的著作《科学与假设》的英译本序中这样说：

“拉丁人一般试图用数学形式来表达思想，英国人则更喜欢用物质的形式来表达。毫无疑问，两者都只依靠经验来认识世界；当他们碰巧超越了这一点时，他们认为自己的先见之明只是暂时的，并急于向大自然作最终的求证。但经验并不是全部，学者也不是被动的；他不会等待真理降临，也不会等待一次偶然的会面让他面对真理。他必须去迎接真理，正是他的思想向他揭示了通往真理的道路。为此需要一种工具；好吧，这里就开始了分歧，拉丁人通常选择的工具并不是盎格鲁—撒克逊人喜欢的工具。

对于拉丁人来说，真理只能由方程来表达；它必须服从简单、逻辑、对称的定律，适合满足热衷于数学优雅的人。而盎格鲁—撒克逊人，为了描述一种现象，首先会全神贯注地制作一个模型，而且会用我们粗陋的、没有辅助的感官向我们展示的普通材料来制作。他还会提出一个假设，默认大自然在其最精细的元素中与在复杂的集体中是一样的，只有这些集体才是我们的感官所能企及的。他从物体推论到原子。因此，两者都做假设，这的确是必要的，因为没有科学家能够离开假设。最重要的是，永远不要无意识地做假设。”

我们不妨认为，其实，作为拉丁人的庞加莱，在这里给出了他自己认识世界的几个关键词：数学、方程和假设。另外，庞加莱对于科学探索的本质还有一个关键词：真实关系。在他1902年的《科学与假设》中，他有如下详细的叙述：

“科学所把握的并非事物本身，而只是事物之间的关系。除了这些关系，并无可以认识的实在(real-ity)。”（第一章）

“菲涅尔把光归因于以太的运动，似乎没有什么理论比菲涅尔的理论基础更牢固了。然而，我们今天更偏爱麦克斯韦的理论，这意味着菲涅尔的工作是徒劳的吗？并非如此，因为菲涅尔的目标不是要知道以太是否实际存在，以太是否由原子构成，这些原子是否真的朝某个方向运动。他的目标是预言光现象。菲涅尔的理论仍然使我们能够做到这一点，无论是现在还是在麦克斯韦之前。微分方程仍然成立，仍然可以用相同的方法对它们进行积分，而且积分结果仍然保持它们的值。

这并不是说，我们由此将物理理论归结为单纯的实用处方。这些方程表达了某些关系，如果这些方程仍然成立，那是因为这些关系保持着它们的实在性。和以前一样，它们现在教导我们，某物与某物之间存在一种如此这般的关系。只不过我们以前所谓的运动，现在则称之为电流。但这些名称只是我们用来代替大自然永远向我们隐藏的实在物体的图像。这些实在物体之间的真实关系乃是我们能够达到的唯一实在，唯一的条件是，这些实在物体之间的关系与我们用来代替它们的图像之间的关系相同。只要我们知道这些关系，如果我们认为用一个图像代替另一个图像是方便的，那又有什么要紧呢？”（第十章）

“然而，最突出的例子是卡诺(Carnot)根据错误的假设建立起来的卡诺原理。当人们发现热并非不可毁灭，而是可以转化为功时，他的思想就被彻底抛弃了。克劳修斯(Clausius)后来又回到这些思想，使之最终被接受。除了真关系，原始形式的卡诺理论还表达了其他不精确的关系，它们是旧思想的残余；

但不精确关系的存在并没有改变真实关系的实在性。克劳修斯只是像修剪枯枝一样把它们抛到一边就可以了。结果就是热力学第二基本定律。关系仍然是一样的，尽管(至少)在外观上，这些关系在相同的对象之间不再成立。这足以使该原理保持其价值。甚至卡诺的推理也没有因此而消亡；它们被应用于一种不完美的物质观念，但它们的形式(即本质性的部分)仍然是正确的。”(第十章)

1900年，在参加洛伦兹获得博士学位25周年纪念活动的会议文集中，庞加莱如此评价洛伦兹的理论：

“这毫无疑问非常不合时宜，在一个纪念洛伦兹荣耀的纪念活动上，我会重申之前给过的反对他理论的一些思考。我能说的是，接下来的内容，呈现出反对程度的减弱而不是增强。但我鄙视这个借口，因为我有比这好一百倍的借口：好的理论是灵活的，那些形式僵硬、稍有变化立刻坍塌的理论是没有生命力的。但是，如果一个理论是坚固的，它就能以多种形式来铸造，它能抵抗所有的攻击，而其本质含义不受影响。这就是我在前次物理大会上讨论的要点。好的理论能对所有的反对做出回应，似是而非的论点对它们没有作用，它们还能战胜所有严重的反对。然而，在取得胜利的同时，它们自己可能也变化了。因此，对好理论的所有反对，绝不是诋毁它们，而是在为它们服务，因为这些反对会让这样的理论呈现出曾经隐藏的所有优点；洛伦兹的理论正是这样一个理论，而这才是我这么做的唯一借口。”

其实，庞加莱对于洛伦兹理论的这一基本看法，直至他生命的最后一刻也从未动摇过，这就是为什

么当他一锤定音建立狭义相对论的那一刻，他却会在信上对洛伦兹这么说：“我很高兴发现自己与你达成完全一致，因此对你的漂亮的工作达到了完美的理解”。这自然也解释了玻恩对庞加莱哥廷根演讲的准确印象：“这次演讲明确地给你一个印象，他是在报告洛伦兹的工作”。事实上，庞加莱从1905年的《六月文章》和《七月文章》开始，直至1912年去世前两个月的伦敦演讲，一直是将自己对狭义相对论的贡献，以“洛伦兹理论”的形式向世人传播的。最重要的是，他认为洛伦兹已经得到了狭义相对论的几乎所有“真实关系”(虽然大多是用特设的方法得到的)：局域时间(一级近似的和严格的结果)、长度收缩、洛伦兹变换式、无源电磁场方程的协变性等等。这便是庞加莱对待有关狭义相对论学术优先权的基本态度！

不得不说，从一般凡人的角度看，庞加莱确实有点不食人间烟火，这也确实误导了许多包括像玻恩这样与庞加莱同时代的年轻人，更不必说后人了。然而，到此我们也只是解释了庞加莱的这个哥廷根演讲没有帮助他自己(在狭义相对论上)青史留名的一个次要原因；更重要的原因是后人的致命误读，它竟然成了庞加莱的狭义相对论被完全遗忘的“正当”理由。

3.3 对庞加莱狭义相对论的误读和误解

Abraham Pais的 *Subtle is the Lord*，是学术圈内影响非常大的一本爱因斯坦科学传记，但其中有关庞加莱的叙述部分错误百出，笔者自己也曾经深受其害。当然，Pais在书中明确说了，有关庞加莱的部

分，对他帮助最大的是科学史学者 A. I. Miller 1973年的庞加莱研究文章，也就是我们在《文一》和《文二》都引用过，并明确指出作者对庞加莱1905年工作的一些最基本、最重要的内容完全没搞明白的那篇文章，由此也可见其误导性之广了。

这个致命的误解出现在 Pais 书上的第八章。这章一开头就给出了他要考察的问题之一是：“为什么庞加莱从未理解狭义相对论？(Why did Poincaré never understand special relativity?)”特别是，他在谈到庞加莱的哥廷根演讲时这么说：

“庞加莱说，新力学以三个假设为基础。第一是物体不能获得大于光速的速度。第二是(我用现代语言来讲)(笔者注：括号及文字都是 Pais 的)物理学定律在所有惯性系中都一样。这时候，还没出现什么问题。然后，庞加莱引入第三个假设：‘我们还需要作第三个假设，它更令人惊奇，更难以接受，而且在很大程度上与我们实际经验相冲突：平动的物体在位移方向上会发生形变……不论它显得有多奇怪，我们必须承认，这第三个假设是被完全证实了的。’显然，直到1909年，庞加莱不知道杆的收缩是爱因斯坦两个假设的一个结论。从而庞加莱连狭义相对论的一个最基本特征都不了解。”

“再读一下《巴勒莫数学会刊》中的重要文章(笔者注：即《七月文章》)，我们会看到关于洛伦兹变换的精彩讨论，却没有看到他谈这些变换隐含着杆的收缩，这篇文章所强调的是动力学。”

对于这两段话的荒唐，笔者不得不引用 Pauli 有关错误的最高级“not even wrong”来加以形容了。正如我们在《文一》中介绍的，庞

加莱在《七月文章》中，从洛伦兹变换式出发，小菜一碟地获得了速度相加公式、长度收缩(Pais竟然会没找到!)、时间膨胀、以及同时性的相对性(爱因斯坦文章中没给)等一系列数学表达式，就像我们今天在教科书上所做的那样，什么地方存在倒果为因，用了“第三个假定”啊？另外，第一段话中最荒唐的是，庞加莱在哥廷根演讲的什么地方说了“新力学以三个假设为基础”，还像真的似地以爱因斯坦狭义相对论的观念，为庞加莱罗列了“第一”和“第二”。造成这一致命误读的根源，是他对庞加莱科学哲学中的假设(hypotheses)和原理(principles)这两个核心概念缺乏基本的了解。

关于假设，庞加莱在1902年《科学与假设》一书的导言中讨论了它们的作用，并明确给出了他的分类和定义：

“我们还会看到，存在多种假设：其中一些假设是可验证的，一旦被实验确证，就成了富有成效的真理；另一些假设不会使我们误入歧途，可以帮助我们集中思想；最后，还有一些假设只是徒有其表，相当于伪装的定义或约定，它们主要见于数学及其相关科学。事实上，这些科学的严格性正是来自这些约定，后者乃是我们的心智在这个领域畅通无阻地自由活动的产物。”

其实，此时的庞加莱将牛顿第一定律和第二定律，与相对运动原理和能量守恒原理等一起都归入少数的物理学原理之中，并在之后的章节中加以阐明，为什么它们本质上都是一些伪装的约定。而对于物理学原理，庞加莱在1904年的圣路易斯演讲中(此时牛顿第二定律已被移出原理之中，因为质量随速度

而变的实验已经宣告了它的破产)这样说：

“这些原理是大胆推广的实验结果；然而它们似乎从其普遍性中获得了高度的确定性。事实上，普遍性越大，验证它们的机会就越多，而这样的验证，伴随着数量的增加，伴随着最多多样化和最意想不到的验证形式，最终不会给怀疑留下任何余地。”

所以在庞加莱的科学哲学体系中，他赋予物理学原理以极高的地位，绝对不会将它们与“可验证的，一旦被实验确证，就成了富有成效的真理”的假设(hypotheses)混为一谈。有了这样的简单铺垫，让我们重新回到庞加莱的哥廷根演讲中来。

实际上，庞加莱在这篇演讲中，谈了两个原理和三个假定。在讲完我们已全文引用的开场白之后，首先谈了“新力学”的两个最引人注目的原理：(取代了牛顿第二原理的)相对论运动方程和相对性原理，但是他只给后者编了号：“我现在将接着讲第二个原理：相对性原理(I will proceed now to the second principle, the principle of relativity)”。

在讲完第二个原理后，“为进一步理解相对性原理在‘新力学’中所起的作用(To understand the part that the principle of relativity plays in the New mechanics)”，庞加莱开始逐一介绍所谓的三个假设(hypotheses)。它们分别是“表观时间”(时间不再绝对， $t' = \gamma(t - \frac{vx}{c^2})$)、时间膨胀和长度收缩(两者都与 $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$ 相关)；这些都属于他的第一类假设，即“可验证的，一旦

被实验确证，就成了富有成效的真理”的假设(hypotheses)，类似于若干年前被实验证实的引力波假设，那是理论的后果(consequences)，而不是用来建立理论的公设(postulates)。

这里的“表观时间”讲法，除了一些用词的差别之外，与他在1904年圣路易斯会议上讲的(也就是我们《文四》中提及的杨振宁先生所说的“后两段”)是完全一致的，只是更为简练。下面就是杨先生所说的1904年文章的“后两段”原文：

“最巧妙的想法是局域时间。让我们想象两个观察者，他们希望通过光信号来校准他们的手表；他们交换信号(signals)，但由于他们知道光的传输不是瞬时的，所以他们小心翼翼地穿越它们(cross them)。当B看到来自A的信号时，B的时间不应与信号发送时A的时间相同，而会增加一个代表传输时间的常数。让我们假设，例如，A在其手表指示为零的时刻发送一个信号，而B在其手表指示为 t 时接收到信号。如果这里的时间 t 是传输时间，那么这两只手表就已经调节好了，并且为了验证它，B又在其手表指示为零的瞬间发送一个信号；当A的手表指示位于 t 时，A必须看到它。这样手表就校准了。

确实，在同一物理时刻，这两个手表指示相同，但条件是：两个人都是静止不动的。否则(笔者注：指A和B一起静止于“动系”之中)，两个方向的传输时间将不相同(笔者注：在“静系”看)，因为，例如，A是迎上去接收来自B的光信号，而B是逃离着接收来自A的光信号。以这种方式校准的两个手表，因此，不会指示真实时间(笔者注：沿用洛伦兹的语言，即“静系

时间”); 它们将指示也许被称为局域时间(笔者注: 即“动系时间”)的时间, 与真实时间并不同步。这无关紧要, 因为我们无法感知它。例如, 发生在A的所有现象都延迟了(笔者注: 相对于“静系时间”), 但都延迟了相同的量, 观察者(笔者注: “动系”的观察者)不会注意到它, 因为他的手表也延迟了; 因此, 与相对性原理一致, 他将无法确定自己是处于静止状态还是处于绝对运动状态。”

如我们在《文四》中详细讨论过的, 只要有了局域时间的概念, 同时性的相对性是必然的结果, 这里就不再重复了。另外, 上述用光信号校准手表的方法, 正是庞加莱在1900年文章中用的方法, 也是爱因斯坦1905年文章中所用的方法。值得注意的是, 虽然在1900年的文章中, 庞加莱已经用“表观时间”给予洛伦兹的“局域时间”以真正的物理含义, 但他在1904年圣路易斯的演讲中, 却仍沿用洛伦兹的语言如“局域时间”和“真实时间”等, 而在1909年的这次哥廷根演讲中, 庞加莱才正式将自己的“表观时间”替代了洛伦兹的“局域时间”。

与前面讲述两个原理时类似, 庞加莱在讲到这三个假设时又只给了最后一个假设以编号: “人们不得不出第三个假设, 它更令人惊奇, 更难以接受, 而且在很大程度上与我们实际经验相冲突(One has to make a third hypothesis that is much more surprising, much more difficult to accept, since it conflicts with our actual experiences.)”。这一段的讨论, 庞加莱以下面这句话结尾: “虽然看上去奇怪, 我们不得不承认, 这第三个假设已被完美地验证

了。(Strange as they seem to us, we have to admit that the third hypothesis has been verified perfectly.)”(笔者注: 庞加莱指的是迈克尔逊—莫雷实验; 这不相当于说引力波被验证了一样吗?)

紧接着上句话, 另起一行, 庞加莱这样总结: “新力学的基础(foundations)是这样的, 即通过应用这些假设, 它们与相对性原理是相容的。(The foundations of the new mechanics are such that with the application of these hypotheses, they are compatible with the principle of relativity.)”之后的演讲, 庞加莱还谈了物质结构研究和天文学对新力学提出的挑战, 这些在量子力学和广义相对论诞生前夜给出的见解也很有意思, 具有很高的科学史研究价值。

综上所述, Pais所谓庞加莱的狭义相对论需要将长度收缩作为第三个前提假设的误读, 虽然流传很广, 但显然完全站不住脚。

庞加莱的哥廷根演讲以下面这段有点过于理性的语言结尾, 真的难以想象这竟然出自庞加莱这样一位狭义相对论的创立者之口:

“总而言之, 我相信说经典力学已经结束还为时过早, 尽管反对它的论据和事实具有巨大价值。无论发生什么, 经典力学都仍将是相较光速低速情形的力学, 仍将是我们实际生活中的力学和我们地球上的技术。然而, 如果它的对手(its rival)在几年内取得胜利(笔者注: 他不认为新力学已经完成了, 因为还有一些问题没得到解释, 比如水星近日点进动问题), 允许我引起你们关注一个许多教师都无法逃脱的教学上的障碍, 至少在法国是这样。在向学生讲授初级(elementary)力学

时, 这些教师会强烈地感到, 讲授这种力学已经过时了, 一种质量和时间概念具有截然不同含义的新力学应该取而代之。他们会从高处看待课程迫使他们讲授的这种过时的力学, 并且会让学生感受到他们对它的蔑视。尽管如此, 我相信这种被鄙视的经典力学将像现在一样必要, 而那些不了解它的人将无法理解新力学。”

1912年5月4日, 在距离他生命终点的两个月前, 庞加莱在伦敦大学发表了一场《空间与时间》的公众演讲, 最后一次谈论了新力学。与他的哥廷根演讲类似, 庞加莱的伦敦演讲也没使他在狭义相对论上青史留名, 反而因为他在结尾处所流露的“保守”思想, 又一次成为他被完全遗忘的一个“正当理由”。因为篇幅所限, 我们这里只引他演讲的开头和结尾两段而不具体展开了:

“促使我回到我最常讨论的问题之一的一个原因, 是最近在我们关于力学的观念中发生的革命。洛伦兹所构想的相对性原理不会强加给我们一个全新的空间和时间概念, 从而迫使我们放弃一些看似成立的结论吗? 难道我们没有说过, 几何学被心灵(mind)设想为经验的结果, 但毫无疑问, 并没有被经验强加给我们, 因此, 一旦建立, 它就不会受到任何修改, 也超越经验可及的新攻击。然而, 难道新力学所依据的实验看上去没有动摇它吗? 为了理解我们应该如何思考它, 我必须简要回顾一些我在以前的著作中试图阐明的基本思想。”

“鉴于这些新概念, 我们的立场是什么? 我们必须修改我们的结论吗? 当然不是; 因为看起来方便, 所以我们早就采纳了一种约定(con-

vention), 而且我们说过没有什么可以强制我们放弃它。今天, 一些物理学家想要采用一种新的约定。并不是他们被迫这样做; 而是他们认为这个新约定更方便; 仅此而已。而那些持不同观点的人可以合法地继续持有旧约定, 以免破坏他们的旧习惯。我相信, 就在我们之间(just between us), 这就是他们在未来很长一段时间内要做的事情。”

一如既往的自洽, 庞加莱在一上来的这个开场白中, 就将相对性原理(这一显然是他庞加莱的原创观念)“强加”给了洛伦兹。正如我们在《文一》中就说过的那样, 庞加莱的狭义相对论被遗忘, 事实上, 不是历史对庞加莱开了一个玩笑, 恰恰相反, 是庞加莱对历史开了一个玩笑!

庞加莱在结尾处所谈的两种约定之间的差别, 也就是他和洛伦兹(“老派”)与闵可夫斯基和爱因斯坦(“新派”)之间时空观念的差别, 在狭义相对论的范畴内, 纯属哲学意义上的认识论差别, 或者宗教意义上的信仰差别, 因为虽然相互运

动的参照系之间的时间是相对了, 但是同一参照系内相互静止的观察者之间的时间仍是绝对的, 所以彼此都非常清楚, 这种差别在对具体物理问题的解释和预言上不会有任何分歧。虽是后话, 但在广义相对论的范畴内, 这个差别就变成本质性的了! 此时, 即使在同一参照系内相互静止的观察者之间, 由于不同地点的引力势不同, 他们的时间也变成相对了, 所以“新的约定”就成为“被迫这样做”了。

3.4 对庞加莱狭义相对论的系统性遗忘

在庞加莱生前, 即使他谦逊地将自己对狭义相对论的贡献都基本上归在洛伦兹的头上, 但毕竟许多同代人还是很清楚庞加莱的独特贡献, 从他不断收到邀请去各地作演讲这一事实本身就已经说明了问题。然而, 庞加莱作为狭义相对论的创立者之一竟然会被后代彻底遗忘, 确实事出有因。

在英语世界中, 至少从杨振宁先生(1922年生人)这一代人起, 如

想从现成的书本上了解狭义相对论的创建历史, 1923年就已出版的原始论文汇编《相对性原理》(图4)几乎是唯一的选择, 它译自1922年第4版的同名德文书籍。令人吃惊的是, 这么一本早已成为学术经典的权威著作, 竟然会没有具体的编者(负责挑选文章), 而由《数学科学进展专著》杂志的主编Otto Blumenthal(希尔伯特的弟子, 德国数学家, 1944年在捷克纳粹集中营中被杀害)写了序言, 并用了索末菲的名字作“广告”。经过一番折腾, 笔者终于找到了德文的各版序言, 整理如下:

“第一版(1913年)和第二版(1915年)的序言。

闵可夫斯基的演讲《时间与空间》于1909年作为独立作品出版, 由A. Gutzmer作序, 现已绝版。索末菲先生很高兴建议将出版商要求的新版本扩展为更大的出版物, 其中将汇编关于相对性原理的基本原始著作。洛伦兹和爱因斯坦先生的善意使该计划的执行成为可能。这本书作为相对性原理历史文件的集合, 包含了洛伦兹思想的发展, 爱因斯坦的第一部主要著作和闵可夫斯基的演讲, 相对论原理的流行由此开始。这个汇编的第一卷‘数学科学进展专著(Monographs)’, 作为补充并包含了闵可夫斯基的两篇详细文章。亚琛, 1913年5月。奥托·布卢门撒尔。”

“第三版前言(1919年)。

这本‘相对性原理史文献集’第一版和第二版已经绝版了。从此, 知识向前迈进了一大步: 爱因斯坦将线性相对性原理扩展为广义相对性原理。……亚琛, 1919年10月。奥托·布卢门撒尔。”

“第四版(1921年)和第五版

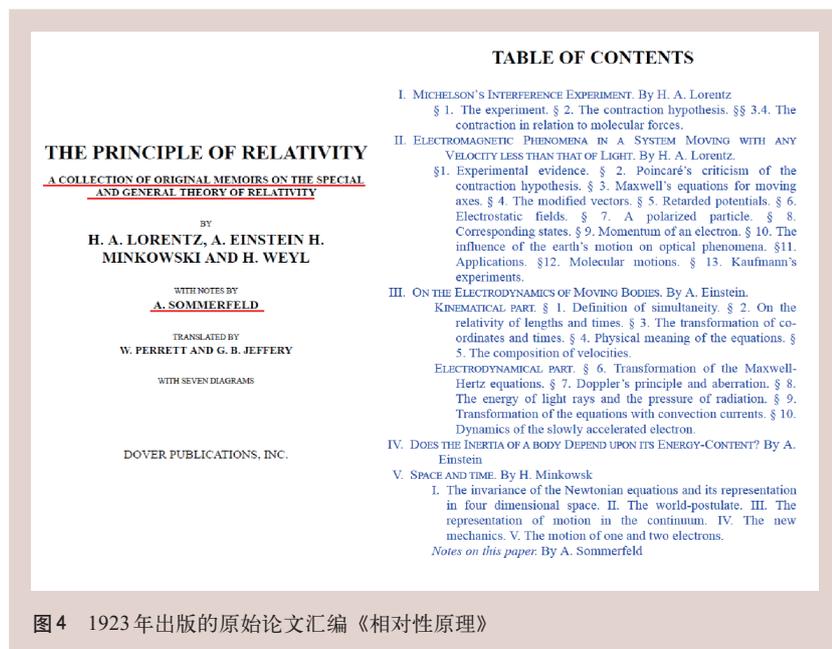


图4 1923年出版的原始论文汇编《相对性原理》

(1923年)的序言。

新版本出乎意料地迅速成为必需品。它基本上保持不变。但是，增加了外尔(Hermin Wyle)著名的论文‘引力与电’。亚琛，1921年9月和1923年。奥托·布卢门撒尔。”

在这样一本广为传播的有关相对论原始文献汇编的权威著作中，竟然“漏”了庞加莱1900年的文章和1905年的《七月文章》，确实完全匪夷所思！一百多年下来后，当然也就难怪我们这些后人只听说过爱因斯坦的狭义相对论，而从未听说过什么庞加莱的狭义相对论了。或许庞加莱出于谦逊的美德所开历史“玩笑”，以及爱因斯坦和闵可夫斯基对庞加莱贡献的回避，客观上都对庞加莱狭义相对论的遗忘起了一定的作用，但这本权威的《相对性原理》原始论文汇编，才是造成这一系统性遗忘的最主要因素。否则，读不读得懂是一回事，但至少后人知道存在着这么两篇文章。

笔者以为，在我们这些后人中，A. A. Logunov是第一个读懂了庞加莱1905年《七月文章》的人，所以应该感谢他的那两本书^[10]，让我们终于有机会重新发现庞加莱的狭义相对论。

4 庞加莱与爱因斯坦

除了前面提到的爱因斯坦曾和伙伴们于1904年一起读过庞加莱的《科学与假设》，在1906年的论文中引用过庞加莱的1900年文章，但在1905年的两篇论文和1907年的综述文章中，却没有引用这篇文章等几件事情外，最后我们还打算在这里继续讲述一下他们之间的其他故事，毕竟发生在两位顶级科学巨匠之间的哪怕是一些鸡毛蒜皮的琐事，也值得玩味。

1911年10月，庞加莱和爱因斯坦在比利时的布鲁塞尔一起参加第一届索尔维会议，这是他们第一次也是最后一次见面。从爱因斯坦给朋友H. Zangger的信中可知，他们还相互交谈了，但似乎话不投机：“(针对……)庞加莱只是笼统地排斥，表明他对状况几乎搞不明白，尽管他才思敏捷。”但是，“(针对……)”究竟是什么，我们已经无从知道了；Pais在书上将它直接解释为(针对相对论)，而Darrigol认为更可能的是(针对量子问题)，笔者偏向于后者。一方面，对庞加莱和爱因斯坦而言，此时(1911年)的狭义相对论早已是翻过的一页，除了认识论上或许有点差别，不可能存在值得爱因斯坦如此感慨的分歧了。另一方面，此次会议的主题正是有关量子问题，而庞加莱在这方面还真是一个“新手”，不同观点的争论或许让爱因斯坦有感而发。

1911年11月，索尔维会议一个月后，瑞士的ETH(爱因斯坦的母校)正在考虑聘请爱因斯坦来校担任教授，学校当局为此咨询庞加莱的意见。这是庞加莱的回复：

“爱因斯坦先生是我所知道的最有原创性(the most original)的人之一，尽管他还很年轻，但已经在同时代的一流科学家中享有很高的地位。我们必须特别欣赏他让自己适应新概念的那种自如，和从这些概念导出结果的那种能力。他不受经典原理的束缚，每当面临一个物理学问题时，他会很快想象到各种可能性。这又在他的头脑中马上转换成对一些新现象的预言，可以在未来得到实验验证。我不想说他的所有期待都能在有可能实验的时候经得住检验。相反，因为他在所有方向上都进行探索，人们应该想到，他所走的路大多都会进入死胡同；不

过，我们同时必须希望，他所指的方向中有一个是好的，这就够了。”

从这封推荐信可以看出，庞加莱对于爱因斯坦的评价还是相当高的，特别是，划线部分可以被看作是爱因斯坦的真正过人之处。另外，庞加莱虽然在有关狭义相对论的演讲和文章中从未提到过爱因斯坦的名字，但在有关量子论的演讲，比如1912年4月11日的法国物理学会演讲《物质与以太之间的关系》中，就提到了爱因斯坦的工作。

虽然爱因斯坦1905年就独立地创立了狭义相对论，但他此时对时间和空间的理解，确实远未达到庞加莱的赝欧几何中的四维时空概念。据他自己晚年的回忆，那是在探索广义相对论的过程中，于1912年才从闵可夫斯基的工作中真正领悟到的。这里是爱因斯坦的原文：

“1912年，当我被聘请到苏黎世工业大学(ETH)任教时，我已很接近于解决这个问题了。在这里，闵可夫斯基关于狭义相对论形式基础的分析显得很重要。这种分析归结为这样一条定理：四维空间有一个(不变的)赝欧几里得度规；它决定着实验上可证实的空间度规特性和惯性原理，从而又决定着洛伦兹不变的方程组的形式。在这个空间中有一种特选的坐标系，即赝笛卡儿坐标系，它在这里是唯一“自然的”坐标系(惯性系)。”^[2]

很显然，从我们的《文四》可知，爱因斯坦在此处归功于闵可夫斯基的“重要贡献”，其中的核心内容当然是庞加莱对狭义相对论的原创性贡献。因为我们知道爱因斯坦最迟到1908年就知道了庞加莱1905年的工作，而他从未读过它，显然是不可想象的，所以很可能的情形是，他当时读了但没读懂，特别是有关李群和赝欧几何的部分，而这

些内容他是通过闵可夫斯基的论文才搞明白的，但确实不清楚庞加莱已经更早地基本上都得到过了。否则，爱因斯坦在1912年之后，无数次地提及闵可夫斯基而不提庞加莱，就变得完全不可理解了。比如，爱因斯坦于1916年出版并十多次再版过一本针对大众的科普读物，名字就叫《相对论》，其中的第17章的标题就叫“闵可夫斯基的四维空间”，实际上讲的几乎全是庞加莱的东西。

1919年，《Acta Mathematica》的主编，数学家 Mittag-Leffler 写信给爱因斯坦，邀请他为纪念庞加莱的专辑贡献一篇文章（洛伦兹的回忆文章就在这个专辑里）。由于路上的耽搁，收到信时已过了4个月，爱因斯坦回复问，现在“会不会已经太晚了？”Mittag-Leffler 回复爱因斯坦，如果他还愿意写的话，仍然可以把文章寄过去。两个半月后，爱因斯坦回复说，因为一些义务和旅行让他无法贡献这篇文章，并补充说，他不写的决定“应该被认为是这一任务的高度尊重”。^[8]

1920年12月，爱因斯坦在家接受《纽约时报》记者采访，当被问及有关相对论的起源时，爱因斯坦说“人们发现伽利略不变性与电力学中的高速运动不相容。这使得荷兰的洛伦兹教授和我自己发展了狭义相对论。”甚至连Pais这样的爱因斯坦“硬粉”，在书中写到此处时，也不免发出一声感慨：“再提一下庞加莱的开拓性观念也许会很仁慈。”然而，在接受法国《费加罗》报的专访时，爱因斯坦对庞加莱表达了高度崇敬。^[8]

1921年1月，爱因斯坦在普鲁士科学院的演讲《几何学与经验》，其中多处提到庞加莱有关几何的观念：

“如果拒绝承认公理欧几里得

几何学的形体与实在的实际刚体之间的关系，我们就很容易得出敏锐而深刻的思想家庞加莱所主张的观点：欧几里得几何学以其简单性而胜过所有其他可以设想的公理几何学。……”

庞加莱和其他研究者为何拒绝承认实际刚体与几何形体之间很容易想到的等价性呢？那只是因为经过进一步考察发现自然之中的实际固体并不是刚性的，因为它们的几何行为（即它们相对排列的各种可能性）依赖于温度、外力等等。于是几何学与物理实在之间原初的直接关系似乎遭到了破坏，我们不得不倾向于以下更一般的观点，这也是庞加莱观点的典型特征：……

我认为，从永恒的观点来看（sub specie aeterni），庞加莱是正确的。……”

1921年5月，爱因斯坦在普林斯顿大学给了系列讲座，之后以《相对论的意义》为名成书正式出版。其中在第一章的引言中，爱因斯坦再次提及庞加莱并明确引用了他的《科学与假设》这本名著：

“现在我们来到空间的概念和判断。这里很重要的，也是要特别关注的是经验与我们的概念之间的关系。在我看来，庞加莱清楚地在他的《科学与假设》一书中意识到了真相。”

1949年，在他的《对批评的答复》一文中，爱因斯坦中断了一个假想在Hans Reichenbach和庞加莱之间就同一主题展开的对话。他这样说：

“这个对话不能以这样的方式继续下去，因为本作者对庞加莱作为思想家和作家的优越性的尊敬不允许我这样做；因此，接下来我们用一个匿名的非实证主义者来取代庞加莱。（The conversation cannot be

continued in this fashion because the respect of the [present] writer for Poincaré's superiority as thinker and author does not permit it; in what follows therefore, an anonymous non-positivist is substituted for Poincaré.”

Pais在他的书上，还讲了有关爱因斯坦和庞加莱的一个非常有趣、也很意味深长的故事。那是在1950年代初，他有一次问爱因斯坦，庞加莱的1905年《七月文章》是如何影响了他的思考，结果爱因斯坦回答说，他从未读过这篇文章（笔者注：这很难想象！）。因为Pais手头恰好有一份二手的重印本，所以他问爱因斯坦是否愿意借去读一读，爱因斯坦说，好的。于是Pais把书带给了爱因斯坦。但这本书从此再也没有回到过Pais的手中。爱因斯坦过世后一段时间，Pais请爱因斯坦的秘书Helen Dukas帮忙找回这本书。令人吃惊的结果是：“它已经消失了……（It had vanished……）”（笔者注：省略号是Pais自己加的）这确实给人太大的想象空间了，每个人都可以根据自己的理解作出相应的解释。

Pais认为，或许爱因斯坦还是读了这份借去的重印本（“Perhaps he did read it.”）。1953年爱因斯坦收到了将在伯尔尼召开的狭义相对论50周年庆典的邀请函。爱因斯坦回信说，他的健康状况不允许他做这一次旅行。就在这封回信中，爱因斯坦第一次提及了庞加莱在狭义相对论上所起的作用：“我希望人们届时也能向洛伦兹和庞加莱的功绩致敬（I hope that one will also take care on that occasion to honor suitably the merits of Lorentz and Poincaré.”）。这个会议在爱因斯坦过世（1955年4月18日）不久召开了，这个任务最后落在了玻恩的肩上，即

本文一再引用的玻恩在这个会议上的演讲《物理学和相对论》(1955年7月16日)^[1]。

爱因斯坦最后一次(1955年2月19日)提及庞加莱在狭义相对论上所起的作用,应该就是本文开头所引的爱因斯坦在书面回答 Carl Seelig 博士的问题时的那段话:“毫无疑问,要是我们回头去看狭义相对论的发展,那么它在1905年已到了发现的成熟阶段。洛伦兹已经注意到,为了分析麦克斯韦方程组,那些后来以他的名字而闻名的变换是重要的;庞加莱在有关方面甚至更深入钻研了一步”。假如爱因斯坦此处的“更深入钻研了一步”,指的是庞加莱已经独立于他完成了狭义相对论,那么我们的故事便有了比较完美的大结局。

至此,由五篇文章构成的《庞加莱的狭义相对论》就全部结束了,其长度远远超出了笔者之前的预期。最后,我们仍用《文一》摘要中的这段话作为全文的结束语:

《庞加莱的狭义相对论》通过历史回顾和文献综述,希望得到如下

基本结论:(1)假设(也仅仅是假设)要颁一个有关狭义相对论的诺贝尔物理学奖,那么洛伦兹、庞加莱和爱因斯坦当之无愧;(2)假设只有一个人的名字可以用来冠名狭义相对论,那么庞加莱比爱因斯坦更有资格获得这个殊荣,也就是说,我们应该称它为庞加莱的狭义相对论;(3)最合理的当然是,我们应该把狭义相对论称为庞加莱—爱因斯坦狭义相对论。

致谢 笔者非常感谢吴詠时教授和肖江教授两位同事,与他们不计其数的面对面及微信讨论让我受益匪浅;非常感谢朱邦芬、牛谦、吴飙、胡燦明、石兢、李劲、潘小青等教授和卢昌海博士对全部五篇文章初稿提出的宝贵意见。当然,最后文章中的任何错误和疏漏则完全由笔者负责。非常感谢在法国南锡工作的陆沅博士专门为《文三》拍摄了庞加莱故居的照片;非常感谢在德国汉堡工作的周立辉博士帮忙查阅了许多德文文献。最后,但却至关重要,特别感谢岳迪博士不

厌其烦地帮忙在网上查找笔者所指定的文献。

参考文献

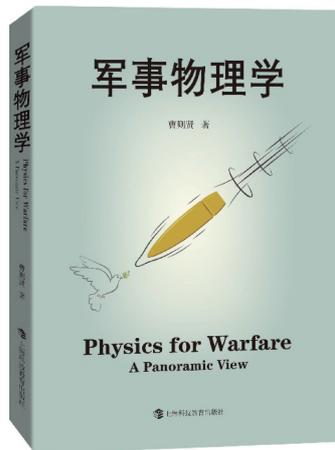
- [1] 马克斯·玻恩. 我这一代的物理学. 商务印书馆, 2015
- [2] 《爱因斯坦文集》第一卷. 湖南科学技术出版社, 1987
- [3] 《爱因斯坦全集》第一卷. 商务印书馆, 2010
- [4] Darrigol O. Electrodynamics from Ampère to Einstein. Oxford University Press, 2000
- [5] 《爱因斯坦全集》第二卷. 湖南科学技术出版社, 1987
- [6] Abraham M. Königliche Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg August Universität zu Göttingen. Nachrichten, 20—41, 1902
- [7] 沃尔特·艾萨克森. 爱因斯坦传. 湖南科学技术出版社, 2014
- [8] Pais A. Subtle is the Lord. Oxford University Press, 1982
- [9] Schilpp P A. Albert Einstein: Philosopher-Scientist. MJF Books, 1981
- [10] Logunov A A. Henri Poincaré and relativity theory. Nauka, 2005; Logunov A A. On the articles by Henri Poincaré. On the dynamics of the electron. Dubna, JINR, 2001

读者和编者

新书推荐

物理学是一个博大精深、盘根错节的有机整体,通过不同的切入方式进行学习有助于获得对物理学的深刻理解。特别地,物理学是军事科学的主要学术基础,战争需求是物理学发展的关键刺激因素。将对军事应用相关问题的阐述当作讲述物理学的主线,也算是为物理的学习提供了一个独特抓手。曹则贤研究员所著《军事物理学》一书系统讲述自古至今军事技术背后的物理原理,几乎涵盖所有的基础物理学科,既努力提供理解军事技术、武器装备和战略战术的基础物理知识,也尝试从军事应用的角度看待

物理学这门学科。全书分为10章,包括战争与物理学、古代武器、力学与运动、物质科学、‘火、热与热力学’、机械振动与机械波、电磁学、光与光学、核物理与核武器、物理学视角下的军事战略等。本书涵盖面广,谋篇深浅有度,对军迷、物理学爱好者和军工专业人员都具有一定的参考价值,适合具有中学以上智识水平的各阶层读者阅读。如作者所言,诚望本书能激发青少年为了保家卫国而努力学习科学技术知识尤其是学习物理学的热情,唤起他们为了保家卫国而去掌握先进科学技术的自觉。



可编程 直流电源

... 高至 20kV



PS300系列高压电源提供高达20kV的输出能力。所有型号均提供包括可编程电流和电压限幅功能，可选择过载响应，短路保护，及 GPIB 通讯接口等多种功能。

具优异的功能特性及合理的价格，PS300系列是您的正确选择。

- ▶ 0.001% 电压调整率
- ▶ 0.05% 精确度
- ▶ 1 volt 分辨率
- ▶ 0.0015% 输出纹波
- ▶ 可编程限幅及门限
- ▶ 电压和电流读数显示
- ▶ GPIB 界面



25瓦直流电源 ... \$2085 (国际起价)

- PS310 ± 1.25 kV
- PS325 ± 2.5 kV
- PS350 ± 5 kV

10瓦直流电源 ... \$3850 (国际标价)

- PS355 -10 kV
- PS365 +10 kV
- PS370 -20 kV
- PS375 +20 kV

 **Stanford Research Systems**

Tel: 408-744-9040 · www.thinkSRS.com/products/ps300.html

先锋科技股份有限公司
电话: 86-10-6263-4840
传真: 86-10-8261-8238
Email: sales@teo.com.cn

欧陆科技有限公司
电话: 86-10-6800-8213/16/17
传真: 86-10-6800-8212
Email: euro-tech.bj@euro-tech.com

北京东方科泰科技发展有限公司
电话: 86-10-5129-4988
传真: 86-10-5824-6090
Email: sales@bost-ltd.com