

文章编号: 1006-4729(2003)03-0057-04

论狭义相对论的实验基础

朱纪东

(上海电力学院 计算机科学与工程系, 上海 200090)

编者按 爱因斯坦的相对论已问世近百年了, 曾对世界科学事业作出了重大贡献, 但是近年来有些学者对相对论及支撑相对论的实验基础提出了质疑. 上海电力学院计算科学与工程系朱纪东副教授就相对论问题已在本刊 2001 年第 3 期和 2003 年第 1 期分别发表了《时间佯谬问题重析》和《关于相对性时空观的讨论》, 又撰写了《论狭义相对论的实验基础》一文, 本刊发表此文, 目的是在学术上提倡百家争鸣. 本刊欢迎有不同意见者积极赐稿.

摘要: 就狭义相对论有无实验基础, 能否用实验来证实狭义相对论, 时间膨胀、空间收缩的相对性是否存在, 洛伦兹变换是相对的还是绝对的等一系列问题进行了分析和讨论, 并得出了这样的结论: 目前在文献中所能查到的实验没有一个符合爱因斯坦所提出的要求, 这些实验只能证实时间膨胀是存在的并且具有绝对性, 但不能证实相对论的正确性.

关键词: 洛伦兹变换; 相对论; 时间膨胀

中图分类号: O42.1 **文献标识码:** A

狭义相对论问世已有近百年了, 狭义相对论的实验基础是什么? 狭义相对论有没有实验基础? 这些问题始终叫人感到不甚了然. 有些物理学家认为, “人们反复不断地采用各种新的实验方法和测量技术进行了观察, 为这个理论(指狭义相对论)提供了丰富的实验证据”,^[1] 并把能证实狭义相对论正确性的实验一一列举: 迈克尔逊-莫雷型实验、原子钟的环球航行实验、飞行介子的寿命延长……这些实验能不能用来证实狭义相对论? 这些实验究竟说明了什么? 这值得人们细细地推敲.

1 时间膨胀的绝对性与相对性

为解释迈克尔逊-莫雷型实验的零结果, 洛伦兹提出了在运动惯性系内时间膨胀、空间收缩的假说. 洛伦兹认为以太是存在的, 空间收缩、时间膨胀效应只会发生在相对于以太运动的参考系内. 在洛伦兹的假说中相对于以太运动的钟“真”的走慢了, 尺的长度“真”的缩短了, 洛伦兹对时间

膨胀、空间收缩效应赋予了绝对性.

假设 K 是静止于以太的优越惯性系, K' 是相对于以太运动的惯性系, 某两个事件的时间间隔被 K' 系内静止的钟记为 $\Delta t'$, 被 K 系内静止的钟记为 Δt , 根据洛伦兹变换式可求得 $\Delta t'$ 和 Δt 之间的关系:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} + \left[\frac{\frac{v}{c^2}(x_2' - x_1')}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right] \quad (1)$$

由于 $\Delta t'$ 是由 K' 坐标系内静止钟所记录的, 对于这个钟而言显然有 $x_2' - x_1' = 0$, 所以 Δt 和 $\Delta t'$ 之间的关系可更简单地表示为

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (2)$$

实验物理学家所做的许多高精度的实验已证明式(2)是正确的, 但要注意以上是在假定存在一个优越的惯性系的情况下才完成式(1)向式(2)的

转化工作。

爱因斯坦在狭义相对论中对洛伦兹变换式的物理意义重新作了解释。爱因斯坦认为以太是根本不存在的,如果两个有相对运动的惯性系 K 和 K' , K 和 K' 中的观察者都可以认为自己是静止的,对方是运动的,都可以认为对方的钟发生了时间膨胀,即时间膨胀是相对的。爱因斯坦不承认有优越的坐标系统,为使 $x'_2 - x'_1 = 0$, 以消去式(1)中的后一项,爱因斯坦明确指出,在测量过程中惯性系 K 内必须安放无数个钟,用这无数个钟同 K' 系内的一个固定的钟相比, K 系内的观察者会发现 K' 系内的钟变慢了,反之亦然^[2]。爱因斯坦用这种方式完成式(1)向式(2)的转换。根据爱因斯坦的观点,观察到时间膨胀效应必须有两个先决条件:一是两个惯性系必须有相对运动;二是在测量中观察者必须用自己参考系中的无数个钟和另一个与自己有相对运动的惯性系内一个固定的钟相比较,才会发现对面的钟走慢了,若没有上述两个先决条件根本不可能观察到时间膨胀。由于时间膨胀具有相对性,这就意味着发生这种效应时钟并非“真”的走慢了,时间膨胀是在测量过程中所观察到的一种现象^[3,4]。

物理学界存在两种针锋相对的观点:洛伦兹认为空间收缩、时间膨胀有绝对性;而爱因斯坦则认为空间收缩、时间膨胀是相对的。由于以太在解释一系列物理实验过程中遇到了麻烦,洛伦兹假说受到冷落,而狭义相对论则得到追捧。受到追捧的狭义相对论是否经过了实践的检验,是否经得起实践的检验,这是本文以下所要讨论的内容。

2 狭义相对论是否有实验基础

现对验证狭义相对论的一系列实验进行分析。验证时间膨胀最经典的实验是对运动 μ 介子半衰期变化情况的观察^[1]。一些物理学家在宇宙射线中看到了相对于地球以 $0.995c$ 速度运动的 μ 介子半衰期延长了,于是就认为狭义相对论所预言的时间膨胀被证实了。其实这个实验只是证实地球上静止于地球的钟走得最快,钟相对于地球运动速度越快走得越慢,这丝毫也说明不了时间膨胀有相对性。在观察者还没有站到以 $0.995c$ 高速运行的惯性系上,没有在这个高速运动的惯性系中看到静止于地球的 μ 介子半衰期也延长的情况下,是不能说明这个实验证实了相对论的

正确性。

用来验证相对论的另一个很有名的实验是 Hafele 和 Keating 在 1971 年做的^[1]。Hafele 和 Keating 把铯原子钟分别放在地面和飞机上,据说飞机向东绕地球一周返回地面,飞机上的铯原子钟比地面的慢,而飞机向西绕地球一周返回地面,飞机上的铯原子钟比地面的快,最后的结论是在误差的范围内实验结果与相对论的预言相符合^[1]。无论是 Hafele 还是认同 Hafele 实验的物理学家,都没有发现这个实验完全违反了狭义相对论:一方面, Hafele 没有用自己参考系内无数的钟与相对于自己运动的另一个参考系内一个固定的钟相比较,因此这个实验如何完成从式(1)到式(2)的转换工作,对此 Hafele 本人未作交代,为这个实验叫好的物理学家也未作解释。另一方面, Hafele 把静止于地球的钟和曾经相对于地球运动过的钟放在同一个惯性系中进行比较,这说明他并不是在两个参考系有相对运动的情况下去观察时间膨胀效应,而根据狭义相对论时间膨胀效应是相对的、是在测量过程中发生的。因此,在两个惯性系没有相对运动的情况下是“测量”不到时间膨胀效应的。但 Hafele 却声称,他在实验中不仅观察到了这个效应,而且还得到了相对论所预言的结果。这倒是使人感到奇怪的。

Hafele 实验确是属实的话,它所产生的结果必须引起人们的高度重视。因为这个实验至少已说明了以下几点:

1 Hafele 发现相对于地心坐标系运动的钟走得慢,静止于地心坐标系的钟走得快,这已清楚地证明了时间膨胀具有绝对性,因而实验的结果同狭义相对论的结论恰好相反。

2 Hafele 既没有在自己参考系内设置无数个钟,也没有在两个参考系相对运动情况下观察到时间膨胀效应,可见出现时间膨胀效应并不需要爱因斯坦所提出的先决条件。

3 按照狭义相对论,时间膨胀并不涉及原子内部某种神秘的过程,是在测量过程中发生的^[2]。Hafele 并没有在钟运动期间作过任何测量,只是在运动的钟停止后, Hafele 从钟的读数上发现钟在“运动”(此处运动指的是相对于地心坐标系的运动)期间真的走慢了,这可以说明在运动钟内部原子的周期性运动会变慢(因为 Hafele 用的是铯原子钟)。

Hafele 的实验给狭义相对论的正确性打上了一个大问号. 一个似乎已否定了相对论的实验却被当成说明相对论正确性的真凭实据, 这种情况在相对论的研究中屡屡出现. 一些物理学家在使用相对论结论的时候往往都忽略了产生这个结论的前提, 而没有这些前提也就决不会有相对论以后的一切结论. 把违反相对论基本原理的实验用来证实相对论这似乎成了一些人的通病. 物理学界之所以有不少人认为相对论已被实验所证实, 原因在于他们错误地把验证时间膨胀效应的实验一概视为狭义相对论的实验基础. 但是, 空间收缩、时间膨胀是由洛伦兹提出的, 爱因斯坦则认为空间收缩、时间膨胀有相对性, 因此只有时间膨胀效应而并未能证实这种效应具有相对性的一切实验, 根本不能用来证实相对论是正确的. 所有实验只有在完全符合爱因斯坦所提出的两个先决条件的情况下才能去证实时间膨胀的相对性, 但目前文献中所查到的实验没有一个能符合爱因斯坦提出的要求, 这些实验只能证实时间膨胀是存在的, 并且具有绝对性, 不能证实相对论具有正确性.

限于篇幅, 笔者无法把所有实验在此一一列举. 著名物理学家康特 (W. Kantor) 在剖析用来证实相对论的 60 多个实验后指出: 这些实验全都基于无效的逻辑或错误的方法, 而以上的讨论则进一步表明狭义相对论并无任何实验基础.

3 时间膨胀的相对性是否存在

验证狭义相对论的实验大多数都是在地球上做的, 物理学家通常都是以地心为原点建立坐标系并进行实验. 遗憾的是, 到目前为止实验只能证实静止于地心坐标系的钟走得快, 相对于地心坐标系运动的钟走得慢, 这些实验只证实了时间膨胀有绝对性.

时间膨胀的相对性有没有被实验所证实, 能不能被实验所证实? 笔者还未看到相关的文章对这些问题作过正面回答, 只是看到了一些物理学家为缓解狭义相对论在理论上、实践上所存在的矛盾而提出了时间膨胀的绝对性是由加速度造成的论点^[3]. 笔者曾分析过这种论点在理论上是不成立的, 在实践上也是没有根据的^[9], 限于篇幅本文对此不进一步展开讨论. 但笔者在这里所要指出的是, 狭义相对论所阐述的是时间膨胀的相对

性, 某些物理学家想用加速度来解释的是时间膨胀的绝对性, 这两者根本不是一回事. 时间膨胀的相对性究竟存在不存在, 如何使它在实验中演示出来? 这是赞同狭义相对论的物理学家必须回答的问题. 加速论者有意回避了这些问题, 他们把讨论的议题从时间膨胀有没有相对性转移为时间膨胀的绝对性是如何形成的, 这显然是偷换了概念. 于是人们在物理学界只能看到加速论者在反复解释两个有相对运动惯性系之间的对称性是如何被加速度破坏的, 却始终看不到这种对称性得以成立的任何事实依据. 时间膨胀、空间收缩的相对性根本无法在任何实验中有效的演示出来, 充其量只是体现了爱因斯坦丰富的想象力.

现代物理学确实是处在一个两难的境地中, 洛伦兹假说虽然受到以太困扰, 但洛伦兹所提出的时间膨胀的绝对性却为实验所证实, 而狭义相对论虽避开了以太的困扰, 但时间膨胀的相对性却始终得不到实验的认同. 洛伦兹的假说确实存在一些问题, 但这并不能反证狭义相对论就一定是正确的. 合理地解释时间膨胀效应, 还有一段很长的路要走.

4 如何验证洛伦兹变换的相对性或绝对性

根据以上的讨论可以认为狭义相对论没有实验基础, 而物理学界又出现一种意见, 认为相对论是无法用实践来检验的. 理由是身处两个惯性系中的观察者是永远无法碰头的, 因为这涉及参考系要拐弯, 而参考系一拐弯就有加速度, 就不再是惯性系的问题, 而狭义相对论只适用于惯性系^[7]. 但是, 既然两个惯性系中观察者是永远无法碰头的, 那么人们用什么方法才能知道这两个惯性系中的观察者都会发现对方发生了时间膨胀、空间收缩的效应呢? 时间膨胀、空间收缩的相对性究竟是伟人的一种“直觉”还是一种科学的理论, 是值得人们深思的.

到目前为止, 我们还不能够回答洛伦兹变换究竟是相对的还是绝对的. 这是因为在实验物理学家所做的大量实验中, 观察者都是站在静止于地球的惯性系 K 中去对相对于地球运动的惯性系 K' 进行单向的观察, 实验所得的结果是运动的 K' 系时间发生膨胀, 这样的实验无法用来证实时间膨胀是否有相对性. 观察者如能反过来站在相

对于地球运动的 K' 系对静止于地球的 K 系进行观察, 情况就不一样了. 如果洛伦兹变换具有相对性, 位于 K' 系的观察者仍可发现 K 系内时间膨胀、空间收缩, 即惯性系 K 和 K' 是对称的; 如果洛伦兹变换具有绝对性, 观察者站到 K' 系上去则会发现 K 系时间收缩、空间膨胀, 即 K 系和 K' 系的时空关系并不是对称的, 是 180° 的倒相关系. 如能进行此类实验, 无疑是物理学上又一个重大的、判决性的实验. 笔者曾为这类实验设计过一个方案并对宇宙局部空间内是否存在优越的参考系进行了一系列的分析^[6], 但本文重点讨论的是讨论狭义相对论有无实验基础, 如何寻找优越坐标系以进行这样的实验就不作进一步的介绍了.

5 结束语

爱因斯坦的狭义相对论无任何实验基础可言. 任何人只要能举出一个完全符合爱因斯坦所

提出的两个先决条件的实验作为反例, 即可轻易否定本文的观点. 但直到目前为止, 这样的反例笔者还未曾发现.

参考文献:

- [1] 张元仲. 狭义相对论实验基础[M]. 北京: 科学出版社, 1979. 1~80.
- [2] 爱因斯坦 A, 英费尔德 L 著. 物理学的进化[M]. 周肇威译. 上海: 上海科技出版社, 1979. 134.
- [3] 基特尔 C 等著. 力学[M]. 陈秉乾等译. 北京: 科学出版社, 1979. 454.
- [4] French A P. 狭义相对论[M]. 张大卫译. 北京: 人民教育出版社, 1980. 111.
- [5] 方励之. 从牛顿定律到爱因斯坦相对论[M]. 北京: 科学出版社, 1981. 49.
- [6] 朱纪东. 时间佯谬问题重析[J]. 上海电力学院学报, 2001, (3): 87~95.
- [7] 倪光炯, 李洪芳. 近代物理学[M]. 上海: 上海科技出版社, 1979. 64.

Discussing the Fundament of the Experiment about the Special Relativity

ZHU Ji-dong

(Department of Computer Science and Engineering, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China)

Abstract: Does the theory of special relativity have its experimental foundation? Can it be proved by experiments? Does the relativity about the expansion of time and space contraction exist? Is the Lorentz transformation relative or absolute? These questions are discussed and analysed in this article. The following conclusion is drawn: By now, no experiments which are in accordance with Einstein's requirements can be found in the literature, these experiments can at best prove time expansion exists and is absolute. They cannot prove the correctness of the relativity at all.

Key words: Lorentz transformation; relativity; time expansion