

物理学史中的六月

1905年6月:爱因斯坦与狭义相对论
(译自 *APS News*, 2005年3月)

萧如珀¹ 杨信男² 译

(1. 自由业; 2. 台湾大学物理系 10617)



爱因斯坦小时候曾读过伯恩斯坦(Aron Bernstein)的《自然科学国民手册》(*The People's Book on Natural Science*),其中有一章,作者伯恩斯坦请读者想象自己与电流一起滑过电报线路的情形,这个想象一直盘踞在年轻爱因斯坦的心中。爱因斯坦16岁时开始思考,假如他能赶上光的速度,那么光束看起来会像什么呢? 孩童时代的爱因斯坦总认为,如果有人能随着光一起冲刺的话,光束看起来应该是静止的,就像静止的波一样,但是一直没有人曾经观察到静止的光,所以让他开始思考其中可能的原因。

自从伽利略和牛顿以来,物理学家就已经观察到,在实验室中观测力学现象时,不管仪器是静止的,或是沿直线做一匀速运动,结果并无差别;物体在匀速前进的船只中,和停泊在港口的船上,其行为也都是相同的,当时的科学家称其为相对性原理。但是大家都认为此原理不适用于光上面。

19世纪末时,大家都认为光是一种波。对于科学家来说,既然光是一种波,则它必需透过媒介体才能传播,如声波或水波一般。于是,他们相信世界上一定充满着一种叫作以太的特殊透明物质,而这就可以解释光为什么能在看起来空荡的空间中行走。但是,若情况如此的话,那么光速就不应像

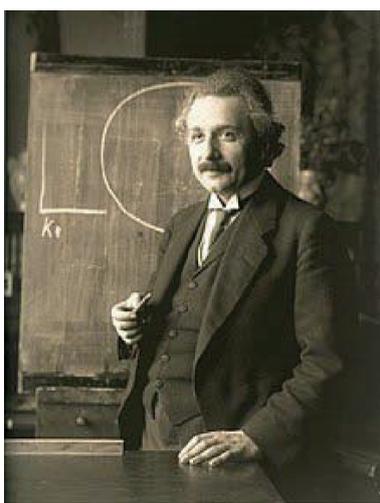


图1 1921年,爱因斯坦在维也纳演讲
(图片来源: Wikimedia Commons)

麦克斯韦方程所预测的那样是不变的,它会受运动的影响而改变。经过无数次的实验后,大家仍是无法对此假设找到可靠的证据。

1887年,艾伯特·迈克尔逊(Albert Michelson)和爱德华·莫雷(Edward Morley)在美国俄亥俄州克利夫兰所做的实验是其中最著名的。他们的实验仪器是一个巨大的石箱,里面有许多镜子及交叉的光线,可以精确地测出光速的变化。据此,当地球在太空中快速运动时,迈克尔逊和莫雷预测光束应该会改

变,可是他们却无法测出光束任何的变化,这让他们很惊讶。爱因斯坦是否留意到这个特别的实验一直为大家所争论,但是他对时间与空间的崭新分析倒是给这个意料之外的结果提供了一个解释。

在迈克尔逊和莫雷所测得的结果(或没结果)出现后,爱因斯坦决定在他的狭义相对论中完全摒弃以太的观念,而从两个基本假设着手。

第一,任何一个做匀速运动的观察者都会有相同的物理法则;第二,不管光源运动速度的快慢,或是方向有别,光速 c 都是一定的。假若这两个假设都成立的话,那么我们对于时间的概念一定不正确,尤其是,两件在同一坐标系中同时发生的事情,在另一坐标系中就不会同时发生。时间不是绝对的,它是相对的。

因为测量长度时需要决定物体在同一时间前后端的位置,因此,这相同的相对原理必须适用到长度测量上,也应适用到物质与能量的数量上。因此,时间经过的速率就会因物体(或人)运动的快慢而有所不同,当人运动得越快,则时间经过得越慢;物体运动得越快,距离就越短,物体也会越重。事实上,当一个有质量的物体到达光的速度时,时间会慢下来直到停止,物体静止不动,而物体的能量则变得无限大。

爱因斯坦并非唯一一个质疑时间绝对性的科学家或哲学家。在那个时代,许多人都沉浸在探讨如何让不同地点的时间同步化的问题上,原因之一是,这对各铁路公司时刻表的相互配合很重要,爱因斯坦也对此有自己的看法。根据盖利森(Peter Galison)在他的书《爱因斯坦的时钟,庞加莱的地图》(*Einstein's Clocks, Poincare's Maps*)中所述,在爱因斯坦于伯尔尼的瑞士专利局任职的那个时代,要让铁路网中各站的时钟都能同步是一项要求高度精密的行业,当时有很多的专利申请都是有关以信号来链接时钟的设计。

19世纪90年代时,天文学家和工程师都要会算出电的信号从一个地方传到另一地方所需花费的时间,有些工程师甚至要来回都发送时间的信号,以补救可能发生的错误。

当时在巴黎经度局任职的庞加莱经常思索“时间传送”的问题。1898年1月,他写了一篇有名的哲理性文章《时间的测量》(*The Measure of Time*),讨论时间同步只不过是两个时钟交换信号,再加上考虑到电或光的信号所需的传送时间如此而已的可能性。庞加莱一直到1900年时才将他的想法应用到物理上,当时他受邀参加为了向运动物体的电动力学大师劳伦斯(H. A. Lorentz)致敬所举办的集会,他上台演讲时表示,他已经可以将劳伦斯纯数学上的时间观念重新诠释,作为实际上调整时间之用。



图2 庞加莱(Henri Poincaré (1854~1912),
图片来源: Yerkes Observatory, University of Chicago)

然而,庞加莱却无法扬弃真正时间(在以太的坐标系上),与在其他坐标系上所测出的“表面时间”两者之间的基本差异,也无法摒弃以太的观念。爱因斯坦将两者皆抛弃,从而得到了真正革命性的结果。

(本文转载自台湾大学科学教育发展中心,网址 <http://case.ntu.edu.tw/blog/>)

