

爱因斯坦：与光一起飞奔的 专利局小职员

邢志忠

(中国科学院高能物理研究所 100049)

在学术界有一种说法：80%最重要的成果是10%最优秀的科学家做出来的。

虽然人们不可能定量地考证这一说法的可靠性，但可以肯定的是：科学的突破性发展的确主要是由少数最卓越的科学家驱动的。

这些天才似乎拥有一种与生俱来的敏锐，即对自然现象及其内在规律的深刻洞察力。

然而常识告诉我们，灵感一般不会凭空产生，往往需要某种“触景生情”般的外在提示，从而在一刹那间激活当事人的好奇心和想象力，窥视到现象背后别有洞天的一面。

爱因斯坦在创建狭义相对论之初，就曾有过如此这般的经历。

1902年6月，大学毕业后一直没有找到稳定工作的爱因斯坦在朋友的介绍下，进入瑞士伯尔尼专利局，成为一个整日与专利申请书打交道的小雇员。

作为钟表大国，瑞士的很多专利申请都与时钟

的校准技术有关。

爱因斯坦在日复一日地处理这类专利申请材料的过程中，难免不对“时间”的概念耿耿于怀。

由于传统的钟表都是通过指针的“空间”运动来表征“时间”的变化，这让爱因斯坦情不自禁地考虑将两者紧密地联系在一起，从而开始质疑牛顿的绝对时空观——即时间和空间是各自独立的，相互无关的。

在乐乐趣立体书新近推出的《爱因斯坦与相对论》([英]卡尔·威尔金森著，[英]詹姆斯·刘易斯配图，王旭华译)一书中，记载了这样一个小故事(图1)。

1905年5月的一天，爱因斯坦在上班途中路过市中心著名的伯尔尼钟楼，听到整点的钟声响起，突然产生了灵感。

他想，假如自己以光速远离钟楼，那么身后的钟会怎样计时呢？

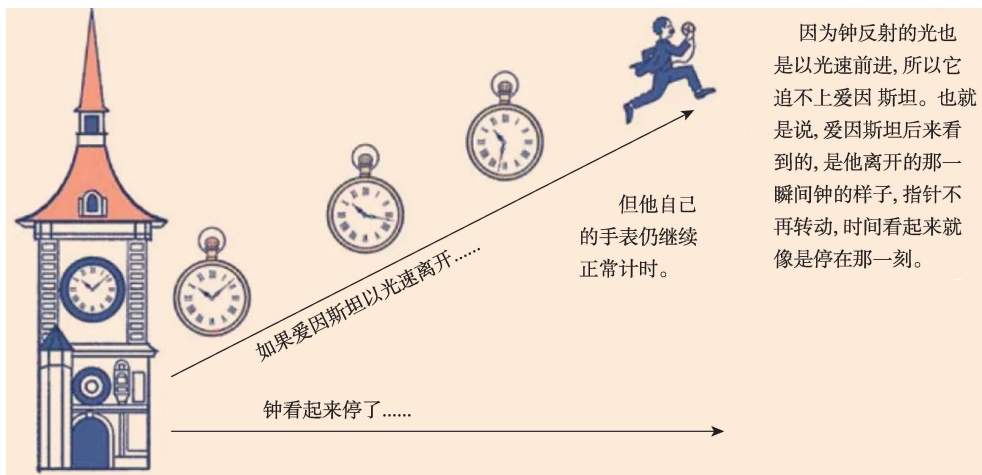


图1

请注意,爱因斯坦的这个“思想实验”中出现了三个基本概念:时间、空间和光速。

为什么他假设自己以“光速”而不是“声速”或者随便什么速度远离钟楼呢?

原因只有一个:当时爱因斯坦不仅关心时间和空间的内在关联,还正在研究光的量子化问题,他知道只有光速才是宇宙的极限速度。

1905年6月底,爱因斯坦将一篇题为“论动体的电动力学”的论文投到德国的老牌专业期刊《物理学年刊》。

这就是狭义相对论的开山之作,其中反复出现的光速 c 似乎被称作爱因斯坦常数更合适,因为是爱因斯坦首次让这个最无神秘色彩的物理学基本常数充当了一种极其特殊的角色。

与经典物理学完全不同的是,光速被爱因斯坦赋予了绝对的意义,而时间和空间则只具有相对的意义。

换句话说,真空中的光在任何惯性参考系、针对任何观察者都以不变的速度传播,而时间流逝和空间距离则会因观察者的不同而不同。

故而相对论导致了几个颠覆经典物理学认知的推论:

(1)时间延缓——作高速运动的时钟在静止不动的人看来,走得要比自己身边的时钟慢;

(2)空间收缩——作高速运动的物体在静止不动的人看来,其长度在运动方向变短了;

(3)同时的相对性——处于一个惯性参考系的人所看到的同时发生的两个事件,对于处在另外一个惯性参考系的人来说却未必是同时发生的;

(4)质能方程——物体的能量等于它的“动”质

量乘以光速 c 的平方,即 $E=mc^2$ (这一改变了整个世界的方程是爱因斯坦在1907年5月推导出来的,那时他仍然供职于伯尔尼专利局)。

以狭义相对论和量子力学为基础的粒子物理学标准模型告诉我们,只有静止质量为零的粒子才以光速运动,否则它的运动速度必定小于光速。

光子由于受到电磁规范不变性的保护,是标准模型中唯一静止质量严格为零且可以在空间自由传播的基本粒子,因此光速定义了微观和宏观世界的速度极限,成为相对论中唯一具有绝对意义的物理量。

基于标准模型的希格斯机制,如图2所示,在电弱对称性严格保持的能标,基本粒子没有质量,因此它们的能量都体现为以光速运动的动能;而电弱对称性自发破缺之后,电子等基本粒子获得了有限的静止质量,这时它们的最大运动速度也只能是无限逼近光速而已。

任何粒子的运动速度和信息的传递速度都不可能超过光速的事实,也保证了因果律始终成立。

在不传递信息的前提下,超光速是有可能发生的,而宇宙最初的暴胀阶段就属于这种情形。

图3是诺贝尔物理学奖得主特霍夫特(Gerard 't Hooft)及其合作者在《Time in Powers of Ten》一书中所展示的宇宙空间随时间膨胀的大致行为曲线,其中暴胀发生在十分短促的时间段,在此期间宇宙空间的拉伸程度则十分惊人。

由此可以估算出暴胀的速度远远大于光速。

按照宇宙暴胀理论的创始人、美国物理学家古斯(Alan Guth)的说法,空间尺度在一瞬间的巨大拉伸本身并不传递信息或能量,因此这种情形的超光速并不违反狭义相对论的基本要求。

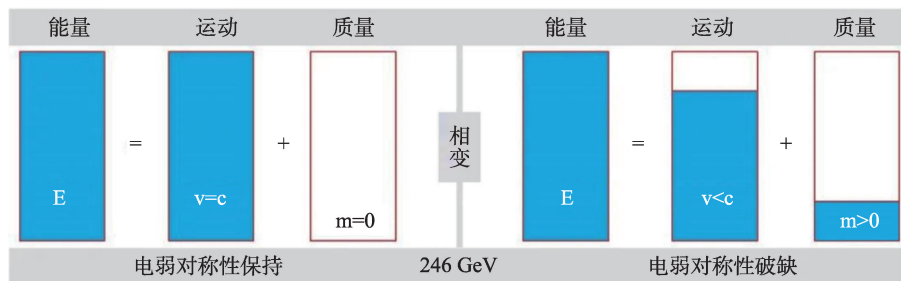


图2

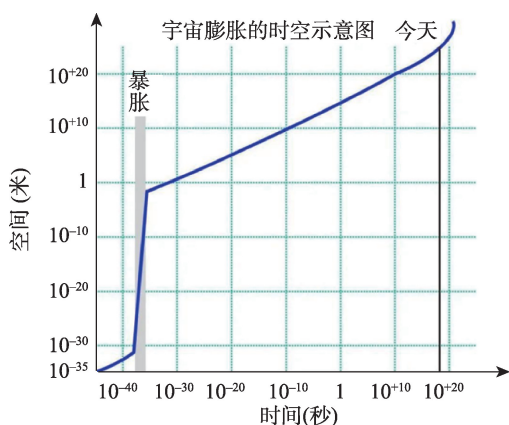


图3

众所周知,欧洲的 OPERA 合作组曾在 2011 年 9 月 23 日宣称发现了中微子超光速的实验证据,这一消息立时震动了整个科学界。

由于中微子具有极其微小的静止质量,因而它

们的运动速度应该永远不会等于或者超过光速。

当时诺贝尔物理学奖得主温伯格(Steven Weinberg)被问及如何看待 OPERA 的实验结果时,他不无幽默地回答道:“关于这个实验的报道令人印象深刻,但令我感到郁闷的是,有足够的证据表明所有其他的粒子从未跑得比光快,而观测中微子是异常困难的。这就好像有人说在他们家的花园深处藏着许多仙女,不过只有在雾蒙蒙的黑夜才看得见她们。”

果不其然,挑战爱因斯坦谈何容易,OPERA 的测量很快就被发现存在致命的问题;后者被修正之后,超光速的结论随即烟消云散。

(原文刊登于微信公众号“中科院高能所”,
<https://mp.weixin.qq.com/s/5px2S54WC2O7s2DY07duow>)

欢迎投稿,欢迎订阅

《现代物理知识》杂志隶属于中国物理学会,由中国科学院高能物理研究所主办,是我国物理学领域的中、高级科普性期刊。

为进一步提高《现代物理知识》的学术水平,欢迎物理学界的各位专家、学者以及研究生为本刊撰写更多优秀的科普文章。投稿时请将稿件的 Word 文档发送至本刊电子信箱 mp@mail.ihep.ac.cn, 并将联系人姓名、详细地址、邮政编码,以及电话、电子信箱等联系方式附于文章末尾。

所投稿件一经本刊录用,作者须将该论文各种介质、媒体的版权转让给编辑部所有,并签署《现代物理知识》版权转让协议书(全部作者签名),如不接受此协议,请在投稿时予以声明。来稿一经发表,将一次性酌情付酬,以后不再支付其他报酬。

《现代物理知识》设有物理知识、物理前沿、科技经纬、教学参考、中学园地、科学源流、科学随笔和科苑快讯等栏目。

2021 年《现代物理知识》每期定价 10 元,全年 6 期 60 元,欢迎新老读者订阅。

需要过去杂志的读者,请按下列价格付款。

2010~2020 年单行本每期 10 元; 2010~2019 年合订本每本 60 元。

订阅方式

(1) 邮局订阅 邮发代号:2-824。

(2) 编辑部订阅(请通过银行转账到以下账号,并在附言中说明“现代物理知识**年**期”)

名称:中国科学院高能物理研究所

开户行:工商银行北京永定路支行

账号:0200004909014451557

(3) 科学出版社期刊发行部:联系电话 010-64017032 64017539;

(4) 网上购买:搜淘宝店、微店店铺名称:中科期刊; 淘宝购买链接:

<https://item.taobao.com/item.htm?spm=a1z10.3-c.w4002-17748874504.9.3473bd0e1SdzHy&id=520828395681>

微店购买链接:

<https://weidian.com/item.html?itemID=2561726602> 或扫描下方二维码:



淘宝网购刊



微信购刊