

天上的光全歪斜了

——有关爱因斯坦发现广义相对论的一段故事

在十九世纪，科学家就认定能量守恒和质量守恒是两个分立的严格自然定律。但实际上并不是这样，相对论告诉我们，质量是一种能量的形式 $E=mc^2$ 。

从内容上讲，相对论建立在两条假设的基础上：一是对于两个在作匀速相对运动的观察者，物理学定律取相同的形式；二是光不论是从静止物体发射的，还是从匀速运动物体发射出的，观察者发现它们两者的光速是相同的。而在形式上，通过 $3+1=4$ 维的“时空几何”（3 代表 3 维空间，1 代表时间）来表示物理学的基本方程，就可以大大简化形式。应当说明的是，这个非常有用的数学方法没有影响相对论的内容。特别是空间保持平直。

爱因斯坦最深奥的一个工作——广义相对论使他成了一个世界性的有名人物。那么，他是怎样思考的呢？

爱因斯坦认为：只有放弃空间的平直特性，才能完成从狭义相对论到广义相对论的过渡。他宣称：空间是弯曲的，在某个地方弯曲的大小取决于那个地方的物质致密程度。

我们可以把这种情况比作一个人在蹦床上跳跃：当人跳起时，蹦床是平直的，当人跳到床面时，蹦床就成了曲面了。空间也是这样，更确切地说，时空也是这样。而自牛顿以来人们始终认为时空是平直的，物质（包括人类在内）在这个平直的、空虚的舞台上表演。但是从广义相对论问世之后，逐渐清楚起来，物质由于其引力的作用，实际上就决定着“在什么形状的空间里”，与在蹦床上的跳跃的人相似。远离开物质，空间仍是平直的，即坎几里德空间，但有物质存在的地方，空间遵守更为普遍的黎曼几何。

引力也不再遵守牛顿提出来的定律。不过这不能说牛顿的引力论错了，确切地说，牛顿的引力论是近似的。爱因斯坦首先证明了，只要在引力是弱的极限下，

他的精确的引力方程就可重新得出牛顿所有的结果。为了弄清楚与牛顿定律的偏差，我们需要考虑比重量轻的苹果与地球之间的引力强得多的吸收力，从广义相对论观点看，地球也是一个重量轻的物体。

离太阳最近，受到太阳吸引拉力最强影响的水星的运动是第一个显示出爱因斯坦的理论优于牛顿理论的例子。

人们自 1859 年就知道了水星轨道有一点反常。牛顿定律预言，水星的近日点是稳定不变的，但实际的观察是有一点进动，大约每世纪 43 秒。为描述这一微扰的影响所造成的效应，已用去了数十年的功夫，但毫无结果。直到 1915 年底，爱因斯坦能够定量地证明这种反常是他的新理论的必然结果。从那时起，他知道：自然界的事实已经说话了，他一定是正确的。

在这里，只想讲一下光的弯曲，因为这一效应使爱因斯坦成了一个神秘人物。

牛顿曾经猜测出：物质可使光线弯曲，这是他在《光学》一书中的一组特别的留待后人去深思的公开问题中的第一个疑难，他问道：物体对遥远的光不起作用吗？难道它们的作用不能使光线弯曲吗？直到 19 世纪初才有了肯定的答案，那时发现，按牛顿的引力论预言，光通过太阳边缘应当大约有 0.85 弧秒的弯曲。直到 1915 年爱因斯坦证明，由于“空间的弯曲”，这个值应当比牛顿的值大一倍，大约为 1.7 弧秒。但是，当时还没有人观察到光线是否弯曲，如果弯曲，弯曲多少。这个效应的实验研究当时变得非常有趣，因为在牛顿和爱因斯坦之间有了一种对抗，只得由一个因子又来定出谁胜谁负。

为了把从遥远星体射来的并在向地球行进中通过太阳边缘时产生微小量弯曲的光和从太阳直接发出的光分开，人们必须要在日全蚀期间进行观察，因为只有此时从太阳直接射来的光是被屏蔽的。为了在 1919

年5月29日日蚀期间作观察,两个远征队出发了。在离开之前,远征队领导人之一爱丁顿这样写道:“现在的日蚀远征队可能会第一次显示出光的重量(即牛顿值);或是,可能肯定爱因斯坦的非欧空间的怪论;也可能导致更有深远影响的结果——光不偏转。”

11月6日远征队的结果在伦敦宣布了。皇家学会和皇家天文学会的联合会议的气氛很像礼拜式的集会,戴森爵士请求第一个发言。他说:“认真研究过这些底片之后,我要说,底片肯定了爱因斯坦的预言。”爱丁顿详述了自爱因斯坦被奉为圣人之后(自狭义相对论以来,他就是圣人了)的两个必要的可靠的奇迹,水星的近日点运动和光弯曲。希尔伯斯坦这个吹毛求疵的人提出反对意见:“我承认偏转的真实,但此刻宣布偏转起因于引力是不科学的。”希尔伯斯坦指着挂在会议厅里的牛顿肖像警告大会说:“我们把它归功于这个非常认真仔细地不断更改或修正他的引力定律的伟人”。

大会主席汤姆逊在被请求之下“马上”、“立即”、“火速”宣布爱因斯坦成为“圣徒”,并说:“这是自从牛顿时代以来所取得的关于引力论的最为重要的成果,它是与爱因斯坦密切相关的,所以应当在皇家学会的会议上宣布。这个结果是人类思想的最伟大的成就之一。”几周之后,他补充说:“物质使光偏转是牛顿所提出疑难问题中的第一个疑难,提出疑问的本身就是一项十分重要的科学成就,当它的数值支持了爱因斯坦所提出的重力定律时,它就更加重要了。”

第二天,1919年11月7日,爱因斯坦传奇故事开始了,当时伦敦泰晤士报刊载了这样标题的文章:“科学上的革命/宇宙的新理论/牛顿的思想被推翻/空间“弯曲”了。11月9日,纽约时报报导说:“天上的光全歪斜了/星体不在那看上去所在之处,但不必担心”。

报刊开始强调普通人和英雄之间的质的差距,创造这个神话般的角色并使他永垂不朽就成为必需的。纽约时报11月11日:“这是一个与众不同的令人震惊的消息,人们甚至会对乘法表也表示担心”。11月29日,新闻标题是“难以理解爱因斯坦”。报导说:“伦敦《泰晤士报》承认不能理解这些细节。”这种神秘的情景一直没有衰退。最后一个例子,9年之后的1928年1月28日,“它是一篇难得的相对论解释,无需告诫读者某句和某句最好不要去理解。”在爱因斯坦整个的一生中,到处一直保持着这种情形。他的科学品质早已博得同辈人的敬佩了。由于20世纪的新的强有力的新闻媒介所建立起的图片,语言和视像方法,爱因斯坦的名字已成了公众的口头语。

创造传奇是爱因斯坦科学的需要,是出版销售的需要,但是没有充分的条件。进一步深化爱因斯坦独特地位的实质,我似乎觉得,做每一件事都要与星体和术语有联系。一位新人崛起,他带来宇宙的新秩序的

信息。他是从山上下来的新摩西,带来了定律和控制天上物体运动的新约书亚。他用奇异的话语说话,但是聪明的人断言说,星体可以证明他是正确的。古往今来,小孩子和成人都怀着同样惊异的心情注视着星球和光线。说起那些像x射线、原子的新鲜事物,人是畏惧的。但是星星向来是出现在人们的梦乡里和神话中的。重新提及星球,表明人类尚未能控制它的规则。天空的不规则——彗星、日食——是预兆,主要是凶兆。看!一位新人出现了。他的数学语言是神圣的,也可说它是对神明的亵渎:第四维、星体并不在看上去它们应该在的地方,但是无需担心,光有重量,空间是弯曲的。他实现了人的两个深远需要,即需要理解和需要信仰而不需要理解。皇家学会和皇家天文学会的联席会议是和纪念过去几年使亿万人丧生、帝国消亡、风云变幻的恐怖年代的第一次年会同时召开的,这一巧合主要是由于变化难测的战争引起的——可是这一巧合,加强了爱因斯坦出现的戏剧性场面。这位在那时出现的新人代表着秩序和力量。他成了20世纪的圣人。

(陈崇光 编译)