

的静质量的上限,并没有作出确定的结果。仅仅是这样,仍有两种可能。一种是光子的静质量仍为零,即可能上限的确定值并不出现,这就仍维持狭义相对论的结果。另一种是确有一个非零的确定值(而不是可能的值)。零和非零,无论在数量上相差多么微小,但在质上却有根本的区别。只有后者,才能在实验和理论上都带来重大变革。

5. 至于光速极限论,我们认为那只是爱因斯坦在相对性原理和光速不变原理基础上的一个推论,它本身并没有也不可能直接的实验验证。这个观点实际上是把人们在一定历史阶段所认识到的一定范围的最大速度——光速,任意外推给整个无限宇宙,这显然是形而上学的。尽管对于“真空”中的超光速运动,目前还正在探索中,但在某些介质中的超光速运动,则早已被人们发现了。这里要提到的是切仑柯夫超光速粒子辐射现象及其理论^[3],即在某些透明溶液中,电子的运动速度可以超过其中的光速(即 $v > c' = \frac{c}{n}$)。尽管这个速度仍小于“真空”中的光速,但这已经说明了,在一定条件下的光速,确实并不是最快的速度。很明显,这种超光速运动只能是电子、光子和同一种介质相互作用的结果。既然电子、光子与同一种介质相互作用的结果,可使电子的速度超过这种介质中的光速;而“真空”也是物质的一种形态,那么,和“真空”相互作用的结果,为什么就不能有超过“真空”中光速的运动!?当然,由于“真空”这种物质形态的特殊性质,“真空”中的超光速运动也应具有它本身的特性。在某些介质中存在超光速粒子运动这个既成的事实,应当有助于启发我们进一步考虑和研究在“真空”或更为广泛范围内的超光速运动。还应看到,除电磁作用外,现今所知的长程作用还有万有引力。对于万有引力的传播速度问题,目前还未解决。一般认为引力在“真空”中也以光速 c 传播的理由是——由广义相对论得出的描述引力

在“真空”中传播的方程是达朗伯方程:

$$\frac{\partial^2 h_{ij}}{\partial x_i^2} + \frac{\partial^2 h_{ij}}{\partial x_j^2} + \frac{\partial^2 h_{ij}}{\partial x_3^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 h_{ij}}{\partial t^2} = 0$$

(其中 h_{ij} 是引力场存在时对平直空间的一级修正)。由于这个方程正好与描述光在“真空”中传播的方程一样,因而便由推断引力在“真空”中传播的速度就是光速 c 。这里要指出的是,得出上述方程的广义相对论本身还是一个有待进一步验证的理论。就算广义相对论是全部正确的,上述方程也只是在广义相对论框架上作了某些近似和简化之后,仅是对弱引力场传播特征的描述^[4]。这些近似和简化本身究竟合理到什么程度,也还是值得讨论的。因此,当前对引力波探测的实验,对于检测引力传播速度,也具有的重要意义。不能排除除了电磁作用和万有引力外,还有其它长程作用。很可能就在现今人们已经考察到的时空范围和物质层次中,就已经存在着某种超光速运动,只是人们还暂时不了解它们而已。最近人们对类星体、中子星、黑洞以及在微观世界中 10^{-15} cm 以下的物质层次中的物质运动规律,还基本上不清楚或知之甚少。现代物理学的许多迹象表明,恰恰在这些时空范围和物质层次中,具备发生超光速运动的条件和可能。因此,人们对这些现今还基本上未知或知之甚少的时空范围和物质层次的深入认识,对于揭示和研究超光速运动,将具有重要的意义。

参 考 文 献

- [1] 秦元勋,《等速条件下的空时对称理论》,《物理》,4-1 (1975), 57—62.
- [2] Goldhaber, A. S. and Nieto, M. M., *Rev. Mod. Phys.*, **43**-3 (1971), 277.
- [3] П. А. Черенков, ДАН II, (1934), 451. И. Е. Тамм и И. М. Франк, ДАН XIV (1937), 107.
- [4] Л. Д. 朗道, Е. М. 栗弗席兹,《场论》,人民教育出版社, (1959), 358—359.

极限性、不变性和相对性

杨 以 鸿

(陕西省陇县中学)

正如任何科学理论一样,狭义相对论只能是客观世界的近似模写,因而必然有其局限性和一定的适用范围。但是,必须特别注意到,相对论自1905年创立以来,在其后大半个世纪的多次重大物理变革面前,都经受住了考验,几乎一直保留着原始的面目,这在历史上是罕见的。看来,相对论包含着十分深刻的真理,是

值得平心静气地认真对待的。

我们感到,为使目前关于相对论问题的讨论,真正取得积极的成果,必须首先深入到相对论中的实质性问题里去,做一番全面的分析,搞清楚哪些地方可能是精华部分,值得保留;哪些地方可能是糟粕,必须扬弃。这样才能谈得上对它实行积极的改造和发展,否则便

有可能钻牛角尖,甚至适得其反走回头路。

从现已发表的讨论文章来看,对于相对论的疑点,众说纷纭,但究其实质,矛头都集中在光速的“极限性”上。其中有一种观点认为光速是可以超越的,这样才符合辩证法。的确,仅从字面上来看,“极限速度”概念的僵死的形而上学味道也最浓。

不过,这里我们想提出一个问题:人们是否可以不顾其他而孤立地去批判光速的“极限性”呢?

据我们看来,这样孤立地去做,似有点过于简单化,光速的“极限性”并非整个狭义相对论体系的一个孤立的结论,亦即不能单单把“极限性”剔除,而不触动其他。相对论的整个体系素以简明、严密著称,互为依赖,相辅相成,难以分割。容易看出,抛弃“极限性”,将无异于抛弃整个相对论,的确是对整个物理学的挑战。

首先,我们来看,光速的“极限性”与“不变性”是不可分割的。前者是相对论的一个重要推论,后者是相对论的两个基本前提之一。

为了理解这个不可分割的关系,我们注意到,光速作为一个极限速度,具有数学中“无限大 ∞ ”量的基本特征:

1. $\infty + \text{有限数} = \infty$; $\infty + \infty = \infty$;
2. 任一指正数量只能逐步接近 ∞ ,但不能达到 ∞ 。这在物理上表现为(根据相对论速度合成公式):
 - 1'. 光速与任一速度(包括光速)迭加仍为光速,亦即在任一惯性系中,光速是不变的;
 - 2'. 任一物体的速度可以逐步增大,但不能达到光速,亦即光速是极限速度。

这样类比一下,不难使人们对于“极限性”与“不变性”之间的关系得到一点有益的启示。从这个形式的类比关系来看,不可能有比光速更大的速度,就好象不可能有比无限大更大的数量一样。进一步,“只要数学谈到无限大和无限小,它就导人一个质的差异,这个差异甚至表现为不可克服的质的对立:量的相互差别太大了,甚至它们之间的每一种合理的关系,每一种比较都失效了,甚至它们变成在量上不可通约的了。”^[1]由此,拿一个惯性系中的光速去与另一个惯性系中的光速进行比较,当然不会发现差别,亦即比较失效了,合理关系也消失了,按“常理”已难理解。

其次,我们必须注意,“不变性”与“相对性”同样有着不可分割的关系,后者也是相对论两个基本前提之一。

事实上,由“相对性”而致“不变性”,这也就构成了相对性原理的核心内容——亦即,对于电磁现象来说,所有的惯性参考系是完全平权的,无优劣之分(当然,这还不是相对性原理的全部内容)——因此,将不能通过测量光速一类的实验来发现我们本身所处的惯性系处于运动状态中(如迈克耳逊-莫雷实验所做的)。

总之,由上述可知,“极限性”、“不变性”和“相对

性”之间存在着不可分割的关系,互为依从,互相渗透,这也是整个相对论体系特别引人瞩目的三个基本点。

其实,从最一般的理论推导可以更清楚地看出这三者的有机联系^[1]。正如有些同志已经意识到的:秦元勋同志的《等速条件下的空时对称理论》虽然没有突破相对论,但是作为该工作的副产品恰好证明了这样一件极有意义的事情:即使把相对论的两条基本假设换一个面孔,亦即不必明确假定光速的不变性,但推导的结果,最后总是证明存在一个不变速度 ω ,而且这个不变速度仍然是个不可超越的极限速度。若与实验对照的话,又可进一步得出 $\omega = c$ 。这一系列结果的得出,并非偶然的巧合,它充分地说明了:如果承认相对性原理乃是自然界的一条普遍原理的话,则必然存在一个不变速度,而这个不变速度,肯定也就是不可超越的极限速度。抓住了这一条,才算是抓住了相对论的基本特征。

“不变速度”——被爱因斯坦直接假定为光速,秦元勋同志虽然没有这样做,但最后也不得不认为它至少是近似为光速。从哲学的观点来看,奇怪的是光速在整个时空理论中为何起着如此十分基本的作用,为了弄清其意义,我们注意到:两个在真空中发生相对运动的观察者,必须利用某种讯号来交流讯息和同步时钟。由此,时钟的同步和讯号的传递都必然涉及到观察者之间的讯息传递速度,这一来,两个观察者之间传递讯息的数学表示——洛仑兹变换公式也就必然要包含这个讯息传递速度。其实,这个讯息波不必局限于电磁波或光波。比如,若观察者利用另一种波,它的传播速度不同于光波,则该速度当然也就要出现在洛仑兹变换公式中。特别言之,如果我们有以无穷大传递的交流讯息波的方式,则必然得出熟知的伽利略变换,并可用它去同步时钟,进而得出同时的绝对性观念。当然,实验上已经排除了这种可能性。

由此看出,尽管相对性原理必然要求一个“不变速度”的存在,但是,对于“不变速度”的理解不必拘泥于电磁波或光波的一个具体速度,而是一个普通的讯息速度,它肯定不会是无穷大,而且不可能同时存在两个“不变速度”以传递讯息,否则必然导致相对性原理的破坏。在人类目前认识水平上,这个唯一的“不变速度”看来恰好是光速。

现在,我们已经不难看出,孤立地去批判光速的“极限性”是行不通的,也没有击中相对论的要害。

总而言之,相对论的要害、核心是相对性原理。相对论的主要功绩在于坚持了各类参考系的平权。不错,由于狭义相对论限制在惯性系内,它只走了这条路的一段,但即使就这个范围说来,它也包含了广义相对论得以滋生的胚芽,对于广义相对论,它是自然的先

[1] 恩格斯,《自然辩证法》,人民出版社,(1962),236—237。

导。

只要相对性原理还成立，则肯定存在一个且仅有一个不变的讯息传递速度，而这个速度肯定就是不可超越的极限速度！反过来，如果不存在极限速度，也就不存在一个传递讯息的“不变速度”，于是我们就可以利用这个讯息传递速度在各个惯性系中的差异，找到一个特优惯性系，于是相对性原理就破坏了。它们内在的逻辑依从关系不外于此。不可能仅保留相对性原理，而单单否认“极限性”和“不变性”。

当然，认识来源于实践，仅有实验可以澄清这些疑难，而不是凭空想象，任意取舍。

米勒 (D. C. Miller, 1931) 实验曾经提示过光速的“不变性”，但后来被否定^[1]。因此，在“不变性”事实尚未否定之前，“极限性”概念仍有存在的根据，否则就会导致矛盾。进一步，在“相对性”未被实验否定之前，“不变性”仍可合理地存在，“极限性”也就自然而然有其地位。

不过，“相对性”原理是有着相当深厚的实验基础的，是难以动摇的。如果“相对性”一旦被全面否定¹⁾，则只好倒回到绝对时空的老路上去，那当然就更为人所不齿了。另一方面，即使光速的“不变性”可能突破，那

是否就意味着狭义相对论应当被抛弃呢？据我们看来，这种举动还过于轻率。因为，只要“相对性”仍成立，则代之而来的必然会出现另一个新的“不变速度”传递讯息，以适应“相对性”的苛刻要求。或许这是今后人们可能“突破”相对论的唯一缺口，但是，在“新”的相对论里，它将仍然保持“极限性”、“不变性”和“相对性”这样三个基本点，理论体系基本不动，因而还是无损大局。

看来，对相对论改造和发展的基本前景的估计，是不能无视这些严峻事实的。我们以为，把目前关于相对论问题讨论和实践的重点转移到相对性原理上来，已是适当时机了！

参 考 文 献

- [1] Aharoni, J., *The Special Theory of Relativity*, (1959).
- [2] Shankland, R. S. et al., *Rev. Mod. Phys.*, **27** (1955), 167.

1) 在弱相互作用中，关于空间反演、时间反演的不对称，说明相对性只是部分被否定，对整个相对论的成立还没有造成致命的危机。

关于狭义相对论的几点看法

倪 光 炯

(复旦大学物理二系)

一、狭义相对论在科学上有没有错误？

这个问题应分为两方面。一是在实验上有没有发现与狭义相对论(以下简称相对论)不符的事实或迹象；二是理论本身有无逻辑上的毛病。人们对前者的回答，至今是明确否定的，这方面实验的总结可见文献[1]，再可参看最新的实验报道^[1]。但有一点值得注意，就是1956年后发现的P和T反演不守恒，似乎是相对性原理推广到空间左右对称性和时间可逆性上失败的征兆；不过进一步看，我们发现这一失败是观念性的而非实质性的，甚至可以把它当作一个突破口去探索相对论的本质^[1]。

爱因斯坦的理论体系虽然没有逻辑矛盾，但经过这几年国内开展的讨论，大家在不同程度上都看到了理论体系存在着(至少是隐含着)逻辑循环。

不少同志指出，爱因斯坦提出光速不变原理作为

一种“约定”，是主观唯心主义的。这样说很对，但还不够。应该进一步问，他为什么要这样做？诚然，爱因斯坦多次表白在1905年时不知道迈克耳孙实验；而事实上，他是知道的^[1]。可见这里他有难言之隐。在我们看来，关键在于给二个相互作用匀速运动的惯性系内的空间-时间坐标 (x, t) 和 (x', t') 以明确的定义，没有这种定义，相对性原理便落空了(写不出数学表述)。在一个惯性系内定义 (x, t) 是平凡的(用一把“尺”和一个“钟”，也勉强过得去了)，但要转到第二个惯性系去，非依靠某种不变性不可，否则 $((x', t')$ 便不可能有明确的定义，便不可能建立 (x, t) 与 (x', t') 之间的联系。在伽里略变换中，令 $t' = t$ ，运动尺也不缩短，就是一种“不变性”假定，所以问题是用一个更合乎实际的假定来代替它。应该说，爱因斯坦采用“光速不变”来作假定，是煞费苦心的：

- (1) 它有一定的实验依据；
- (2) 非常明确(在宏观意义上)；