

光速的“不变”和“变”

李芳煜

(甘肃省兰州市第九中学)

光速不变原理是狭义相对论的重要物理基础,也是整个现代物理学中具有重大影响的基本原理之一。对光速不变原理的深入讨论和进一步的实验验证,无疑将产生广泛而深远的影响。自然科学是相对真理,光速不变原理当然也不例外,即一方面它包含有绝对真理的成份,因而它确能具有广泛的适用范围。但同时它又是相对的、近似的、有条件的。因此,对光速不变原理的正确性的简单否定或绝对化,都是不对的。

一、光速的不变性

光速不变原理是从孕育狭义相对论的一系列实验——如曹顿-诺布尔电容器实验、瑞利折射介质实验、斐索实验、迈克耳孙-莫雷实验(特别是迈氏实验)以及对光行差现象解释的基础上总结出来的。它不仅能圆满地解释这些实验和光行差现象,而且又为后来更多的实验所证实。光速不变原理的提出,是时空观念上的一次大变革,其积极意义是十分明显的。

此外,由此而建立起来的整个狭义相对论体系及其在广泛领域中的应用,也都和光速不变原理息息相关的。而狭义相对论关于时间和空间、物质和运动的理论,本身就涉及到整个物理学中的许多根本性的问题。因此,光速不变原理不仅涉及到人们的时空观,而且也必然涉及到人们的物质观和运动观。光速不变原理的正确程度如何,也必将影响到狭义相对论所涉及的一切。狭义相对论在各个领域中的应用,实际上也就是对光速不变原理的检验。狭义相对论的理论,可以说渗透到现代物理学的广泛领域。而且都是把光速 c 作为常数(即光速不变)来对待的。狭义相对论在这许多方面的成功,也反过来证实了把光速 c 作为常数的合理性,即证实了光速确实具有相对的不变性。

爱因斯坦的历史功绩,也就在于他一开始就能抓住实验事实和旧物理学时空观念所表现出来的尖锐矛

盾这个最富有生命力的东西,并从自然界本身和实验事实出发,对旧有的时空观念采取了变革的态度。因而突破了牛顿力学的时空观念,把形而上学时空观念的狭隘视野开拓到一个更为广阔的境界,揭示了更为普遍的物质运动规律。这也正是光速不变原理之所以具有广泛适用范围的原因所在。所以,我们必须认识到在一定条件下光速所具有的相对不变性,认识到光速不变原理的变革作用和积极意义,认识到光速不变原理现今仍是我们在物理学广泛领域(也是一定的范围)中进行理论和实践工作的有力工具。对于这一点,是应当予以充分肯定的。

二、光速的可变性

那么,光速是否绝对不变呢?当然不是。按照辩证法的观点,绝对不变的东西是不存在的。变和不变是对立的统一,没有变就没有相对的不变,没有相对的不变也就没有变。光速的相对不变也是对于变而言的。在迈克耳孙-莫雷实验的条件下,光速不变。这就是说,地球的运动不影响光速。或者说,光速的可变性,在迈克耳孙-莫雷实验的条件、范围和精度下(包括其它得出肯定结果的实验),还不能反映出来。由于爱因斯坦的哲学观点和哲学解释,也由于光速不变原理应用于广泛领域的成功,它往往被某些人看成是绝对的了。爱因斯坦的过错就在于把人们在一定科学技术水平和认识水平条件下,对一定范围的物质运动形式变革所得出的光速不变原理,强加给整个物质运动。这样一来,光速不变原理却成了再不能追求其原因、探究其机制的东西了。这实际上是把光速不变原理绝对地孤立于物质相互作用的范围之外,把它绝对化、神秘化了。物质运动的形式是无穷多样的,人类对客观物质世界的认识也是没有止境的。因而现今我们所认识到的光速不变原理,也只是符合于物质运动的某些形式。随着人们对客观物质世界认识的不断深入,光速不变

原理必将表现出它的相对性、近似性和可变性的。

三、如何看待对光速不变原理的变革

对光速不变原理的变革，这显然是物理学中的一件大事。如何看待这种变革？作进一步的科学实验和理论上的探讨，都是必要的。但我们认为起决定作用的仍是实践，“通过实践而发现真理，又通过实践而证实真理和发展真理。”¹⁾对光速不变原理的变革和突破，也必须遵从辩证唯物主义认识论的这个普遍原则。在此，我们认为秦元勋同志的文第《等速条件下的空时对称理论》(以下简称《对称理论》)¹⁾，敢于向光速不变原理挑战，敢于提出新的理论体系，这种精神是应肯定的。《对称理论》的影响应当是积极的，它有助于我们对这个问题的深入讨论。《对称理论》的一些思想方法，也是富有启发性的。但是，《对称理论》的一些具体理论，还是值得讨论的。我们认为《对称理论》的主要问题是“实践——理论——实践”这样一个辩证唯物主义认识论的过程不清楚，或者说完全看不出得出这个理论的实践基础。“可易非奇异线性变换群”的假设究竟是怎样来的，它的实践基础是什么(无论是直接的或间接的)?另外，《对称理论》究竟在多大程度上成为独出一支的理论，还是至少在若干方面仍旧依附于相对论之上，仅仅作为解释相对论现象的一种手段，这些都是很值得讨论的。我们认为，一个试图突破光速不变原理的新理论是否有生命力，首先还是看它是否来自可靠的实践基础上，是不是从实践基础上的科学总结，是否能经受实践的进一步考验。从这个角度来看对光速不变原理的突破，我们认为有几个方面的问题值得注意。

1. 对光速不变原理的突破，首先还是必须从实验出发。光速不变原理虽然有着广泛的实验基础，但所有这些实验都是受一定条件制约的，因而光速不变原理本身也是受一定条件制约的，因此，对光速不变原理的进一步验证问题，并没有最后解决。正因为如此，自狭义相对论提出之日起，人们一直千方百计地从实验上来进一步检验光速不变原理。虽然大多数实验得出了肯定的结果，但也有一些实验得出了矛盾的结果。尽管引起这种矛盾结果的原因是多方面的，但这种动向值得认真注意，需要深入分析研究。况且，所有关于光速不变原理的验证，只证明了双程(一去一返)光速的不变性，还没有任何测定单程光速的实验。而要测定单程光速，就需要把起止点计时的钟对好。要对钟，这又牵涉到“不同地点的同时性问题”。由于没有瞬时信号，要么仍用光信号来对钟，而这恰恰又是需要测量的单程光速。要么用某种比光更快的超光速信号对钟，但超光速信号还是一个正在探索的东西，还未从实验上最后证实。可见，要真正测定单程光速，如果仍然束

缚在狭义相对论的框架里，就会遇到无法解决的矛盾。为此，就必须从更为广泛的物质运动规律中去寻求答案。因此，对光速不变原理的进一步实验检验，不仅是一个单纯地从量上(如提高精度、减少误差等)改进和提高的问题，还必须有一个质上的变革。

2. 现代物理学所证实的宇称在弱作用下的失效，时间反演对称性的破坏，实际上已经预示着相对性原理部分地被破坏了。我们知道，正是由于相对性原理和光速不变原理的要求，洛仑兹变换本身具有空间反演和时间反演的不变性。既然在一定的条件下宇称守恒定律和时间反演对称性可以破坏，那么各惯性系之间的变换就不一定必须是洛仑兹变换，因而被爱因斯坦推广了的相对性原理(力学的相对性原理加上光速不变原理)就不一定在任何情况下都必须成立的。力学相对性原理的推广又是以光速不变原理来保证的，因而对光速不变性的要求也就不是在任何情况下都是必需的，也就是说，允许在一定的条件下，光速具有一定的可变性。宇称守恒和时间反演守恒在一定条件下的破坏是建立在可靠实验基础上的，因而由此所孕育的新理论是富有生命力的。

3. 爱因斯坦虽然正确地否定了以太介质，把光(电磁场)本身就作为一种客观独立的实在。但在爱因斯坦看来，把电磁场抽掉的空间仍然是一无所有的虚空。光的传播，也只是在这种虚空中的传播。光速 c 当然也只能是一种没有来由、没有原因的结果了。时空是物质运动存在的形式，抽掉电磁场的空间也不例外。传播光的“真空”，也只能是物质存在的某种形态，它本身也有结构、有矛盾、有变化。因此，光速 c 绝不是什么没有来由、没有原因的结果。“相互作用是事物的真正的终极原因”²⁾。光速 c 也只能是光与“真空”(或其它可能的物质形态)相互作用的结果。光速不变，也只是表明了光与“真空”相互作用的相对稳定、平衡的一面。既然“真空”有矛盾、有变化，光与“真空”的相互作用，就必然有不稳定、不平衡的一面，这正是光速可变性的物理机制。狭义相对论没有也不可能解决平直空间的物质背景问题，当然也不可能解决光在“真空”中传播的物理机制。因此，对光速不变原理的突破，必须深入分析和研究光子和“真空”的运动特点和内部结构，从实验和理论上，揭示二者相互作用的本质，从而揭示出更为普遍的时空特性。这样才可能把狭义相对论的时空观念开拓到一个更为广阔的境界。

4. 当前关于光子本身是否具有一微小静质量的实验和探讨³⁾，对光速不变原理的进一步检验，显然具有重要的意义。不过，实验似乎只给出了光子可能具有

1) 毛泽东，《实践论》，《毛泽东选集》横排本，人民出版社，(1966)，273。

2) 恩格斯，《自然辩证法》，人民出版社，(1971)，209。

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