

时间、空间、物质运动 与 相对论

孟庆潭 著

北京工业大学出版社

ISBN 7-5639-0706-8



9 787563 907069 >

ISBN 7-5639-0706-8/0 · 32

定价：15.00 元

时间、空间、物质运动 与 相对论

孟庆潭 著

北京工业大学出版社

内 容 提 要

本书从不同于相对论的途径推导出洛伦兹变换式,并对其做出了明确的物理解释。通过与狭义相对论的比较,提出相对论在同时性问题的论述中存在着逻辑上的错误,应加以修正。对相对论我们不应全盘否定,修正后的相对论仍不失为物理学的重要理论。

书中从理论上对“时钟佯谬”及“超光速问题”提出了不同于相对论的见解,并提出自然界存在着与物质运动无关的同一的时钟时律。

时间、空间、物质运动与相对论

孟庆潭 著

※

北京工业大学出版社出版发行

各地新华书店经销

廊坊市印刷厂印装

※

1998年8月第1版 1998年8月第1次印刷

787mm × 1092 mm 32开本 3.875印张 86千字

印数: 1 ~ 1000

ISBN 7-5639-0706-8/O · 32

定价: 15.00元

前 言

电动力学的发展以及其后的实验证实了真空中光速恒为 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ，光速与光源的运动速度无关。这一发现在牛顿力学的范围内无法与相对性原理并存。

在此形势下，爱因斯坦提出放弃经典力学中时间及长度的绝对性概念代之以相对性概念，于 1905 年发表了狭义相对论。

相对论在哲学、物理学、天文学、宇宙学、化学等当今社会各领域产生了巨大的影响，至今仍处于统治地位。相对论对近代科学技术的发展起了巨大的推动作用。但是，相对论与其它科学理论一样是时代的产物，随着历史的发展、科学技术的进步，它的局限性日益显露，它的一些错误结论束缚了人们的思想。如它断言宇宙中惯性空间内不存在大于光速 c 的实物运动，使人们对超光速运动物体的研究成了禁区。

本书并不认为相对论是解决光速不变性原理与相对性原理之间表面冲突(矛盾)的唯一正确的途径，而是从不同于相对论的途径解决二者之间的矛盾，书中对与相对论的基本分歧做了较详细的介绍。

本书在介绍相对论观点时部分引入了相对论的原文，以便读者进行比较。

应当指出，作者认为虽然狭义相对论中存在着重大错误，但是我们不能完全否定它，爱因斯坦仍不失为一位伟大的物理学家，作者很多学术观点来自相对论，爱因斯坦仍不失为我们最好的老师。

在此引用彭加勒在“推荐书”^[4]一文中对爱因斯坦的评价，供读者参考：“爱因斯坦先生是我曾经认识的最富创见的思想家之一。他虽然年青，却已经在当代第一流科学家中间居有最崇高的地位。我们应当特别赞赏他的是他善于适应新的概念并知道如何从这些概念引出各种结论的灵巧。他不受古典原理的束缚，而且每当物理学中出现了问题，他很快就想出它的各种可能性，这一点使得他在思想中立即能预言一些日后可由实验证实的新现象。我的意思并不是说，所有这些预言都会满足实验的检验，如果有可能做这些检验的话。相反的，既然他是在各方面进行探索，我们就应当想到他所走的道路大多数是死胡同。不过，我们同时也应当希望他指出的方向中，有一个方向是正确的，那也就足够了。这才是我们应当采取的做法。数学物理的作用是提出问题，只有实验才能回答问题。”

研究、分析、发展相对论，吸收其精华，修正其错误，解除它对人们思想的禁锢，是当前物理学发展的必然趋势，愿本书对这一目标能尽微薄之力。

孟庆潭

1998年4月

目 录

第 1 章 物理学的时空观	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 牛顿力学的时空观	(1)
1.3 狭义相对论的时空观	(4)
1.3.1 相对性原理	(4)
1.3.2 光的传播定律	(5)
1.3.3 狭义相对论的时空观	(5)
1.4 多空间观点	(9)
第 2 章 同时性的相对性	(11)
2.1 引言	(11)
2.2 基本分歧	(11)
2.2.1 相对论关于同时性问题的观点	(11)
2.2.2 对相对论观点的分析	(13)
2.3 同时性问题的新见解	(13)
2.3.1 源事件与同空事件	(13)
2.3.2 事件分析	(14)
2.4 运动效应	(20)
2.4.1 同时性的相对性	(20)
2.4.2 时间膨胀	(21)
2.4.3 量杆缩短	(21)
2.5 源事件与同空事件的互易性	(23)

2.6 洛伦兹变换的意义与狭义相对论	(25)
第3章 同时性的绝对性	(27)
3.1 引言	(27)
3.2 多空间观点的基本概念	(27)
3.2.1 无穷多个彼此作相对运动的空间	(27)
3.2.2 多空间中的点	(28)
3.2.3 相对性原理与光的传播定律的表述	(30)
3.3 异空事件	(30)
3.3.1 异空事件的概念	(30)
3.3.2 同时性的绝对性	(31)
3.3.3 相对论关于空间点分裂的观点	(34)
3.3.4 事件分析	(36)
第4章 作为空间变换的洛伦兹变换	(40)
4.1 两个空间事件间的洛伦兹变换	(40)
4.2 运动效应	(43)
4.2.1 同时性的相对性	(43)
4.2.2 时间膨胀	(45)
4.2.3 洛伦兹收缩	(46)
4.3 洛伦兹变换的推广	(47)
4.4 源事件点运动时的洛伦兹变换式	(50)
4.5 多空间观点与相对论	(53)
第5章 空间变换	(58)
5.1 两个惯性空间的坐标变换	(58)
5.2 三个惯性空间的坐标变换	(64)

5.3 八维向量空间	(75)
第6章 N 空间与 L 空间	(78)
6.1 N 空间	(78)
6.2 L 空间	(82)
6.3 L 空间与闵可夫斯基四维世界的差别	(87)
6.4 事件关系图	(90)
第7章 时钟佯谬与超光速问题	(94)
7.1 时钟佯谬	(94)
7.1.1 时钟佯谬简介	(94)
7.1.2 关于时钟佯谬问题的多空间观点	(98)
7.2 超光速问题	(102)
7.2.1 相对论观点	(102)
7.2.2 多空间观点	(103)
第8章 多空间观点的启发作用	(111)
8.1 光,以太与多空间	(111)
8.2 宇宙间时钟的时率	(114)
参考文献	(115)

第 1 章 物理学的时空观

1.1 引言

20 世纪以前的物理学(牛顿力学)认为时间、空间与物质的运动没有任何联系,是先验的存在于人们的意识之中的,同时性是绝对的,时间与空间是绝对的。因此,牛顿力学的时空观又称为绝对的时空观。

自 1905 年爱因斯坦的狭义相对论问世以来,人们的时空观发生了革命性的变化。相对论认为同时性是相对的,量杆因运动而收缩,时钟的时率因运动而变慢。也就是说,时间、空间与物体的运动状态有关,时间与空间是相对的。与牛顿的绝对时空观相比亦可以说相对论是相对的时空观。

然而,多年来人们忽视了另一种时空观,这一时空观是由爱因斯坦于 1952 年提出来的^[1, 5]。这一观点认为宇宙间存在着无穷多个相对运动着的空间。我们认为这一观点揭示了时间、空间与物质运动间的更深层次的联系,它必将对物理学,对人们的时空观产生重大影响。

1.2 牛顿力学的时空观

描述一个物体的位置或一事件发生的地点,只有参照另

外一个物体才能得以表达。例如, 要描述一列火车的运动, 我们可以选择地球做为参考物体, 以北京站作为坐标原点, 向东为 x 轴方向, 向北为 y 轴方向, 垂直地面向上为 z 轴方向。这样我们建立起一个笛卡儿坐标系, 可以定量的描述该列车在不同时刻的位置。

一般地说我们可以设想: 由一个杆构成的桁架与参考物体牢固地连在一起伸展在空间。利用这一桁架建立起空间的笛卡儿坐标系, 可用 3 个数目即空间点的坐标来表达任一点的位置。这样与参考物体牢固连接的假想的桁架通常称为参考系。通过参考系建立起一个坐标系, 即可定量的表示出物体在空间的位置或一事件发生的地点。而所建立起的时空坐标系是参考系的数学表示。

我们也可以不用笛卡儿坐标系而选用仿射坐标系或其它形式的坐标系, 但是它必然是与参考物体紧密联系。在所有参考系中存在着另一些参考系, 在这些参考系中惯性定律可以写成最简单的形式, 即没有外力作用时, 一个质点的空间坐标是时间的线性函数。这样的参考系就称为惯性系。

牛顿力学的空间观有如下特点:

(1) 认为存在着绝对的时间和绝对的空间。牛顿在他的《自然哲学的数学原理》一书中写道: “绝对的、真正的和数学的时间按其本性独立地向前均匀流逝, 而不受外界任何事物的影响。‘绝对空间’, 按其本性不受外界事物的影响总是保持不变并且不可移动。”

(2) 两个不同惯性坐标系间的坐标变换式为伽利略变换。

设有两个以匀速 v 相对作直线运动的参考系, 我们引入

两个坐标系 S 、 S^* 来定量地描述任一点在每一个参考系中的位置。

开始时 $t = t^* = 0$ ，两个坐标系原点重合， x 与 x^* 轴， y

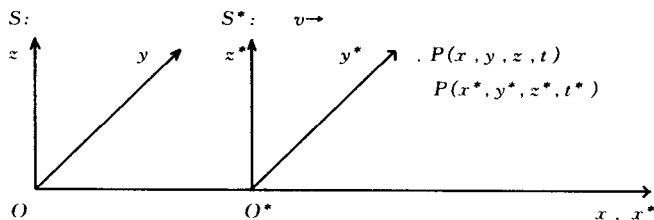


图 1.1 S^* 系以恒速 v 相对 S 系运动

与 y^* 轴， z 与 z^* 轴重合， S^* 系相对 S 系以恒速 v 沿 x 轴方向作直线运动， P 点在 S^* 系内静止。取完全相同的标尺和完全同步的标准钟，又设开始时两钟均校准为零。

如图 1.1 所示，对一点 P 的坐标由伽利略变换确定

$$\begin{cases} x = x^* + vt^* \\ y = y^* \\ z = z^* \\ t = t^* \end{cases} \quad (1.1)$$

由(1.1)式有

$$\Delta t^* = \Delta t \quad (1.2)$$

此式表达出时间的普遍性质，即时间（或时间间隔）与坐标系的选择或物体的运动状态无关。

又设在 x 轴上有两个点，它们在 S 中的坐标为 x_1, x_2 ，在 S^* 中的坐标为 x_1^*, x_2^* 。由(1.1)式，有

$$x_1^* = x_1 - vt$$

$$x_2^* = x_2 - vt$$

两式相减得

$$\Delta x^* = \Delta x \quad (1.3)$$

在任何时刻 t 都被满足, 此式亦说明标准尺的长度(或两质点间的距离)与参考系的选择或物体的运动状态无关。

1.3 狭义相对论的时空观

1.3.1 相对性原理

物理学研究表明: 所有力学定律在任一惯性系中均有相同的数学形式。

以牛顿运动定律为例: 在惯性系 S 内, 质量为 m 的物体, 所受的力为 F , 则有

$$F = m \frac{d^2x}{dt^2} \quad (1.4)$$

式中, m 为物体的质量。

由(1.1)式有

$$\frac{d^2x^*}{dt^{*2}} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

在惯性系 S^* 内, 作用于质量为 m 的物体上的力为

$$F^* = m \frac{d^2x^*}{dt^{*2}} = m \frac{d^2x}{dt^2} = F \quad (1.5)$$

可见, 牛顿运动定律在不同的惯性系中有相同的数学形式。一般情况下, 对相对性原理可做表述如下:

如果惯性系 S^* 相对于 S 作匀速直线运动, 则物理学定

律在 S^* 系内与在 S 系内有相同的数学形式(协变性)。这是一个被物理学界普遍接受的原理。

1.3.2 光的传播定律

光在真空中沿直线以恒速 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 传播。这就是光的传播定律, 它已为大量的物理学实验所证实。这也意味着光的传播速度不依赖于发光体相对于观测者的运动速度以及光的传播速度与光的传播方向无关。

根据相对性原理, 光的传播定律像其它物理学定律一样, 依据同样的数学形式, 即在所有惯性系内光沿直线以相同的数值 c 传播。

1.3.3 狭义相对论的时空观

设有一列相对地球以恒速 v 做直线运动的列车, 今从路基(设想路基上面的空气已经抽空)沿列车前进方向发出一道光线。根据伽利略变换导出的速度相加定律, 则列车上的观察者将观测到光线相对于列车的速度为

$$w = c - v$$

而根据相对性原理, 在惯性系中, 光的传播定律有相同形式, 即以恒速 c 传播。这样, 光线相对于列车的速度应为

$$w = c$$

对于光的传播定律与相对性原理这一表面的抵触, 爱因斯坦在分析了时间和空间的物理概念以后, 提出了同时性是相对的, 并以光的传播定律及相对性原理作为两大支柱, 推导出洛伦兹变换式。

即惯性系 S^* 相对于惯性系 S 以恒速 v 沿 x 轴方向作匀速直线运动, 两坐标系在起始时刻坐标原点重合, x 与 x^* 轴, y 与 y^* 轴, z 与 z^* 轴重合。若一事件发生在 S 系内 $P(x, y, z, t)$ 点, 该事件在 S^* 系内发生在 $P^*(x^*, y^*, z^*, t^*)$ 点, 由洛伦兹变换可得

$$\begin{cases} x^* = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ y^* = y \\ z^* = z \\ t^* = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{cases} \quad (1.6)$$

1. 同时性的相对性

设有两事件在 S 系内分开的两点 x_1 、 x_2 在时刻 t 同时发生。在 S^* 系内, 测得两事件发生在 t_1^* 、 t_2^* 时刻, 由洛伦兹变换有

$$\begin{cases} t_1^* = \frac{t_1 - vx_1/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ t_2^* = \frac{t_2 - vx_2/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{cases} \quad (1.7)$$

式中

$$t_1 = t_2 = t$$

$$x_1 \neq x_2$$

由此, 有

$$\begin{aligned} \Delta t^* = t_2^* - t_1^* &= \frac{(t_2 - t_1) - \frac{v}{c^2}(x_2 - x_1)}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ &= -\frac{\frac{v}{c^2}(x_2 - x_1)}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \neq 0 \end{aligned} \quad (1.8)$$

也就是在 S 系内测量为同时发生的两个不同地点的事件在 S^* 系内将不是同时的; 反之亦然——同时性的相对性。

2. 时间膨胀(时钟变慢)

设在 S 系内 x 点处在 t_1 、 t_2 时刻发出信号, 则在 S 系内测得的时间间隔为

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (1.9)$$

该两事件相对 S^* 系的坐标为 x_1^* 和 x_2^* , 时间为 t_1^* 、 t_2^* , 则有

$$t_1^* = \frac{t_1 - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$$t_2^* = \frac{t_2 - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

在 S^* 系内, 事件的时间间隔为

$$\Delta t^* = t_2^* - t_1^* = \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (1.10)$$

这样按照狭义相对论, 两个事件的时间间隔在 S^* 系内应比在 S 系内长, 亦即在 S^* 系内的时钟变慢。

同样当 S 系沿相反方向以恒速 $-v$ 相对 S^* 系运动时, 静止在 S^* 系内 x^* 点处的时钟在 t_1^* 、 t_2^* 时刻发出信号, 由洛伦兹变换同样可得

$$\Delta t = \frac{\Delta t^*}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (1.11)$$

静止于一点的时钟测到的时间间隔称为两事件的原时间间隔, 这样就得到: 无论在 S 还是在 S^* 中原时间间隔在另一惯性系内测量应膨胀 $\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ 倍。

3. 量杆的缩短

设有一量杆在 S 系内以恒速 v 沿 x 轴方向运动, 在时刻 t 测得量杆两端点坐标为 x_1, x_2 。 S^* 系和量杆一起运动 (量杆相对 S^* 静止)。

根据洛伦兹变换有

$$\begin{cases} t_1^* = \frac{t_1 - vx_1/c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \\ t_2^* = \frac{t_2 - vx_2/c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \end{cases} \quad (1.12)$$

量杆两端点坐标分别为

$$\begin{cases} x_1^* = \frac{x_1 - vt}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \\ x_2^* = \frac{x_2 - vt}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \end{cases} \quad (1.13)$$

由此有

$$x_2^* - x_1^* = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

因为量杆在 S^* 系内静止, 所以可以在任何时刻 (不一定在同一时刻) 测量两端点坐标, 并不影响测量值。因此, 在 t_1^*, t_2^* 时刻测得的量杆长度等于 $x_2^* - x_1^*$ 。由此有

$$x_2 - x_1 = \sqrt{1-v^2/c^2} (x_2^* - x_1^*)$$

令 $l^* = x_2^* - x_1^*$, $l = x_2 - x_1$, 则有

$$l = \sqrt{1-v^2/c^2} l^* \quad (1.14)$$

反之, 如果量杆在 S^* 系内同一时刻测量其长度为 x_1^*, x_2^* , 量杆相对 S^* 系运动, 量杆相对 S 系静止, 则有