

相对论中的“观测”与“看到”有何不同

赵香玲

(宣化通信士官学校物理系 河北 075100)

1905年爱因斯坦发表了狭义相对论,其时空观之一就是“运动的尺缩短”。接受相对论的所有人都相信这种尺缩现象是可以用眼睛看到或用照相机拍摄到的。一个运动物体看起来将沿运动方向缩短为原来的 $\sqrt{1-\beta^2}$ 倍 $\left[\beta = \frac{v}{c}, v \text{ 是物体运动的速度大小, } c \text{ 是光速} \right]$, 坐在高速飞船中的人从窗外看出去时,将看见球形物体缩成一个椭球体这些说法好像都是无可非议的。这种观念一直持续了54年之久,直到1959年美国物理学家戴勒尔发表了一篇文章,认为这种观念是错误的,他纠正了存在于所有人中间的这个偏见。提出“尺缩”现象可以“观测”或者“测量”,却不能用眼“看到”。在相对论中,“观测”和“看到”是两个完全不同的概念,不能混为一谈。

1. 高速运动物体的“观测”形象

在相对论中,观测(或测量)是指这样一种实验方法:在整个空间的每一点,分别固定着一个在所选定的惯性系中对准过的钟,利用这一系列数目无限的钟,任何一个事件都可由事件发生处的空间坐标和由该点处的静止钟读出的事件发生的时间来确定。所要研究的整个过程则可由应用这种方法确定下来的全部结果表示。相应地“观测者”可以想象为一个应用这种方法获得结果和进行分析的实验人员,而且每个惯性系都分别有这样一个由无限多个钟(分别在该惯性系内对准)组成的时钟系列和这样一个观测者。

现有一把固有长度为 l_0 的直尺,相对 s' 系静止,沿 x' 轴放置。当 s' 系以速度 v 相对 s 系沿 x 轴正向高速运动时,如图1所示,在 s' 系观测者测量到尺后端坐标为 x'_1 ,前端坐标为 x'_2 ,因尺对他没有运动,所以两次测量事件的时间不要求同时,他测量到尺的长度为 $l_0 = x'_2 - x'_1$ 。 s 系的观测者,测量到尺的后端与 x 轴上 A 点重合时的时空坐标为 (x_1, t_1) ,前端与 x 轴上 B 点重合时的时空坐标为 (x_2, t_2) ,为测到运动尺的正确长度,要求 s 系观测者必须同时测量尺两端坐标,即要求 $t_1 = t_2$,由洛伦兹变换得到:

$$x'_2 - x'_1 = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} [(x_2 - x_1) - v(t_2 - t_1)]$$

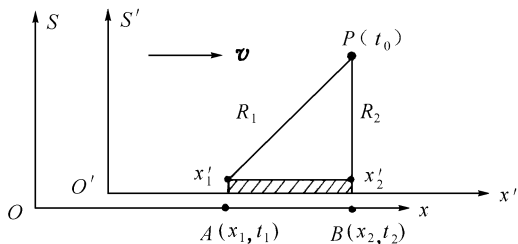


图 1

当 $t_2 = t_1$ 时,有 $x_2 - x_1 = (x'_2 - x'_1) \sqrt{1-\beta^2}$ 或写成 $l = l_0 \sqrt{1-\beta^2}$:这就是在 s 系的观测者所观测(或测量)到的运动尺的长度,其测量结果确实是直尺沿运动方向收缩了,这完全是相对论中的测量效应。相对论长度收缩效应是一种普遍的时空性质,与物体的具体组成和结构及物质具体的相互作用种类无关。总之,高速运动物体的“观测”形象就是在静止参考系中间一时刻记录下来的运动的物体形象。

2. 高速运动物体的视觉形象

对观测者的一种误解,往往是由于把“观测”与“看到”混为一谈,所谓“看到”,意味着同时到达视网膜的大量光子使我们产生的感觉,或说同时到达照相机底片的大量光子所造成的图像。这些光子携带的是“看到”之前发生的某些事件的信息。但一般说来,经过一段时间空间过程而同时传递到视网膜的光子,并非来自上述观测者所确定的同时发生的事件。比如当我们“看到”一个球体时,同时达到我们视网膜的光子并非从球体的一切点上同时发出,离我们较远处的点发光较早,离我们较近处的点发光较迟,只有这样,这些光子才能同时达到我们的视网膜而形成“看到”的图像。通过“同时测量”确定的某一时刻物体的空间位置并不就是我们“看到”的东西。我们继续讨论前边图1所示例子。当尺高速运动时, s 系的观察者所“看到”的是什么结果呢?设观察者在 p 点 t_0 时刻看,由于尺两端的光子必须在 t_0 时刻同时到达 p 点,所以 x_1 端的光子是在 t_1 时刻($t_1 = t_0 - R_1/c$)发射的,而 x_2 端的光子是在 t_2

如何测量地球半径、太阳、月亮和星星的距离

陈 德 坤

翁甲强 石 铭

(广东省茂名学院物理系 茂名 525000) (广西师范大学物理系 541004)

宇宙中的天体, 体积庞大, 数目繁多, 距离遥远。如何测量这些天体的距离和大小是古今人类非常关心的问题。实际上, 科学发展到今天, 人类已经掌握了许多测量天体的方法。这些方法总体来说是多学科知识的综合运用。本文运用一般数学、物理、天文的知识深入浅出地介绍天体距离测量的几种方法。希望对有兴趣的非天文专业读者有所帮助。

为研究方便起见, 我们先要确定天体的方位。大家都有一个直观的感觉, “天”, 就是以观察者为球心的半球面。而宇宙中的星星等天体好像分布于一个以观察者为球心, 以适当长度为半径的球面上, 这一假想的球面就称为天球。由于天体的视位置是观察者对天地视线与天球面的交线, 因此, 在作天球时, 一般以观察者为球心, 但为了方便研究, 常以地球中心或太阳中心作为天球的球心, 我们把前者称为“地心天球”, 后者称为“日心天球”。

对于天体距离的测量, 我们至少需选地球半径作为长度参考量, 因此我们首先谈谈地球半径的测量。在历史上, 最先用观测法求出地球半径的。如图 1 所示, 将地球视为正球形, 在同一地理径线上取 A、B 两个观察点, 同时测量一个天体 P 上天时的天顶距即角 Z_1 和 Z_2 , 因天体离地球很遥远, 可认为 $AP \parallel BP$, 作 $AC \parallel OB$, 则由几何学可

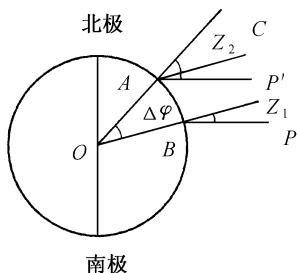


图 1

得夹角 $\Delta\varphi = Z_1 - Z_2$, 测量弧 AB 的长度 l , 则可求出地球半径

$$R = l / \Delta\varphi$$

现在我们利用卫星拍照等技术已不难精确地了解地球的形状和半径, 一般我们将地球看成赤道隆起, 两极扁平的椭球。并且测得其半长轴为 6378.140 千米, 半短轴为 6356.755 千米。但为了研究分析问题方便起见, 我们仍将地球看做一个球体, 并且其半径通常取半长轴与半短轴之和的一半。以 R_0 表示, 这样 $R_0 = 6367.447$ 千米。知道了地球的半径, 我们在下面着重介绍天体距离测量的方法。

一、三角视差法测定天体距离

三角视差法是 20 世纪 60 年代前测定太阳系中天体距离最常用的方法。所谓视差, 是指观察者在两个不同位置看到同一物体的方向之差, 视差可以用观察者在两个不同位置之间的距离(通常称为基线)对被测物的张角来表示, 只要测出了物体的视差, 就可以确定被测物体的距离。由于天体距离遥远, 视差非常小, 因此必须将基线拉长, 以增大视差, 通常以地球的半径作为基线。

1. 地球和月球距离的测定

18 世纪, 法国的拉卡伊和拉朗德分别同时在柏林天文台和南非的好望角天文台观测月球。测量原理如图 2 所示。选月球一点 S 作为观测点, 在地球赤道上 M 点观测, 当 S 正好处于地平线上时, 由 $\triangle MSO$ 可知, 若测得 φ_0 , 一般将 φ_0 称为赤道地平视差, 则 S 与地球球心的距离为:

时刻($t_2 = t_0 - R_2/c$)发射的, 即 $t_1 \neq t_2$ 将 $t_2 - t_1 = (R_1 - R_2)/c$ 代入上式得到:

$$x'_2 - x'_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \left[(x_2 - x_1) - \frac{v}{c} (R_1 - R_2) \right]$$

$$\text{或写成: } l = l_0 \sqrt{1 - \beta^2} + \frac{v}{c} (R_1 - R_2)$$

此式说明在 s 系的观察者“看到”的运动直尺长度与“观测”到的不一样, 且在不同点看, 结果也不

同, 因为 $(R_1 - R_2)$ 与 p 点位置有关, 只有当 $R_1 = R_2$ 时, “看到”的与“观测”到的结果才一致。

综上所述, 在相对论中高速运动物体的“观测”形象与“视觉”形象是完全不同的。相对论中对“观测”有着特殊的约定, 而“看到”则是一种光学效应, 这是两个截然不同的概念, 这一点在讲狭义相对论时必须向学生讲清楚, 以便使学生对相对论效应有更深入的理解。