

# “速度、加速度及高阶加速度不变性”定律

周方

tony\_zf\_zf\_zf@126.com

定义:

- a. ‘时空’之定义: [(三维) 欧氏空间( $\vec{r}$ ), 时间( $t$ )] $^T \equiv [\vec{r}, t]^T \equiv [[x, y, z]^T, t]^T$  为可量测的“物理时空 (Physical Space-Time)”, 可命名为“伽利略时空 (Galilean Space-Time)”。

“伽利略时空”的度规为  $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ & & & 0 \\ & & & & 1 \end{bmatrix}$ , 可称为“伽利略度规 (Galilean Metric)”。

- b. 整个“宇宙”为伽利略时空  $[\vec{r}, t]^T \equiv [[x, y, z]^T, t]^T$ , 在其‘子时空’  $[\vec{r}, t]^T$  内任意时空点  $[\vec{r}(t), t]^T$  光的传播满足光传播定律:  $|\vec{r}(t)| = ct, c = const.$  ( $c$  为真空中光传播速率),

故有:  $d \ln |\vec{r}(t)| = d \ln t$ , 即光在任意时空点的“传播时空弹性”为  $\varepsilon = \frac{d \ln |\vec{r}(t)|}{d \ln t} = 1$ ,

因此, 有:  $\lambda[\vec{r}(t), t]^T \equiv [\lambda\vec{r}(t), \lambda t]^T \equiv [\vec{r}(\lambda t), \lambda t]^T$ 。观测者对时空点  $[\vec{r}(t), t]^T$  的观测矢量以及对时空点  $[\vec{r}(\lambda t), \lambda t]^T$  的观测矢量示于图 1。

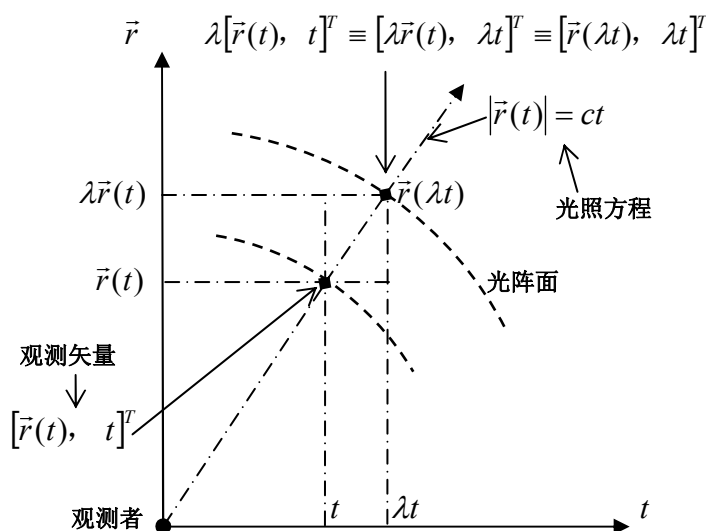


图 1 观测者对时空点  $[\vec{r}(t), t]^T$  的观测矢量

因此, 按物理实质, 伽利略时空  $[\vec{r}, t]^T$  为“光照时空” (Illuminated Space-Time)。

c.  $K$  系观测者在时刻  $t$  观测到运动质点的位置坐标记为  $\vec{r}(t) = [x(t), y(t), z(t)]^T$ 。

$[\vec{r}(t) \ t]^T$  为 ‘ $K$  系观测者在时刻  $t$  观测到运动质点  $\vec{r}(t)$  时’ 指向该运动质点的 “观测矢量” (Observation Vector), 同时也是 ‘ $K$  系观测者在时刻  $t$  对运动质点  $\vec{r}(t)$ ’ 的 “光照矢量” (Illuminated Vector)。 $[\vec{r}(t), t]^T$  可称为 ‘ $K$  系观测者在时刻  $t$  观测到运动质点  $\vec{r}(t)$  时’ 的 “时空点”, 也可称为 ‘ $K$  系观测者在时刻  $t$ ’ 的 “光照点”。

d.  $K'$  系观测者在时刻  $t'$  观测到运动质点的位置坐标记为  $\vec{r}'(t') = [x'(t'), y'(t'), z'(t')]^T$ 。

$[\vec{r}'(t') \ t']^T$  为 ‘ $K'$  系观测者在时刻  $t'$  观测到运动质点  $\vec{r}'(t')$  时’ 指向该运动质点的 “观测矢量”, 同时也是 ‘ $K'$  系观测者在时刻  $t'$  对运动质点  $\vec{r}'(t')$ ’ 的 “光照矢量”。 $[\vec{r}'(t') \ t']^T$  可称为 ‘ $K'$  系观测者在时刻  $t'$  观测到运动质点  $\vec{r}'(t')$  时’ 的 “时空点”, 也可称为 ‘ $K'$  系观测者在时刻  $t'$ ’ 的 “光照点”。

\*\*\*\*\*

物理场景:

1. 建立两个坐标系 (三维欧氏空间), 记为:  $K$  系和  $K'$  系。 $K$  系的  $x$  轴、 $y$  轴、 $z$  轴中没有任何一个轴优越于另一个轴;  $K'$  系的  $x'$  轴、 $y'$  轴、 $z'$  轴中也没有任何一个轴优越于另一个轴。始终保持:  $x'$  轴//  $x$  轴,  $y'$  轴//  $y$  轴,  $z'$  轴//  $z$  轴。

2. 两观测者分别固定在  $K$  系原点及  $K'$  系原点。两观测者持有相同的 ‘时钟’ 及 ‘测距工具’。 $K$  系观测者测得的时间 ( $K$  系时间) 记为  $t$ ,  $K'$  系观测者测得的时间 ( $K'$  系时间) 记为  $t'$ 。

\*\*\*\*\*

设:  $K$  系观测者与  $K'$  系观测者处在不同地点。他们之间的距离 (矢量) 为  $\vec{s}$ 。

两观测者在同一时刻 ( $t \equiv t'$ ) 观测到运动质点  $E_t$  之情况示于图 2。

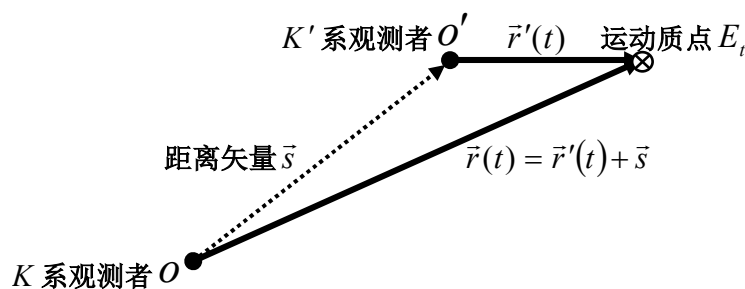


图 2 两观测者同时 ( $t \equiv t'$ ) 观测到运动质点  $E_t$

图 2 中,  $K$  系观测者在时刻  $t$  对运动质点  $E_t$  的观测矢量  $\vec{r}(t)$  与  $K'$  系观测者在同一时刻 ( $t \equiv t'$ ) 对质点  $E_t$  的观测矢量  $\overline{O'E_t} = \vec{r}'(t)$  通过距离矢量  $\vec{s}$  形成 (在时刻  $t$  的) ‘观测矢量合成三角形  $\Delta OO'E_t$ ’。这表示 ‘两观测者在同一时刻  $t \equiv t'$  均观测到运动质点  $E_t$ ’。

因此有: 
$$\vec{r}(t) = \vec{r}'(t) + \vec{s}$$

即: 
$$\overline{O'E_t} = \vec{r}(t) - \vec{s} = \vec{r}'(t)$$

图 2 中,  $\overline{O'E_t}$  为运动质点  $E_t$  在时刻  $t$  “相对于  $K'$  系观测者之位置  $[\vec{r}(t) - \vec{s}]$ ”:  $\overline{O'E_t} = \vec{r}(t) - \vec{s} = \vec{r}'(t)$ ,  $\overline{O'E_t}$  同时又是运动质点  $E_t$  在时刻  $t'$  “在  $K'$  系内之位置  $\vec{r}'(t')$ ”:  $\overline{O'E_t} = \vec{r}'(t')$ 。

故有:  $\overline{O'E_t} = \vec{r}(t) - \vec{s} = \vec{r}'(t)$  及  $\overline{O'E_t} = \vec{r}'(t')$ , 从而得:

$$\vec{r}'(t') \equiv \vec{r}'(t)$$

表为伽利略时空  $[\vec{r}, t]$  内的时空点:

$$\begin{bmatrix} \vec{r}'(t') \\ t' \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} \vec{r}'(t) \\ t \end{bmatrix}$$

从而得:

$$\frac{d^n [\vec{r}'(t')]}{dt'^n} \equiv \frac{d^n [\vec{r}'(t)]}{dt^n}, \quad n = 1, 2, \dots$$

由此可得结论: 不论是  $K'$  系观测者进行观测, 还是  $K$  系观测者进行观测, 两者得到的被观测质点的速度、加速度、... 是一致的, 即:  $\frac{d^n [\vec{r}'(t')]}{dt'^n} \equiv \frac{d^n [\vec{r}'(t)]}{dt^n}, n = 1, 2, \dots$ 。也就是说, 伽利略时空内被观测质点  $[\vec{r}'(t'), t']$  的运动速度及加速度等, 均不因观测者所处地点而变, 简言之, 被观测质点的运动速度及加速度等, 是绝对的, 不随观测者所处地点而变。

由此得到一个十分重要的结论: 质点的运动速度以及各阶加速度均是绝对的, 与观测者在何处对该质点进行观测无关, 也就是说, 与参考系的选择无关。此定律可称为“速度、加速度及高阶加速度不变性”定律。

“速度、加速度及高阶加速度不变性”定律是一条‘自然定律’, 此定律同样也适用于

‘真空中光传播速率’：“真空中光传播速率为恒定值（约 $3.0 \times 10^8$  千米/秒），乃是光的固有属性，与观测者在何处接受此光线无关，即与参考系的选择无关”。这就是人们经常（误）称的“光速不变原理”。在国外有关文献中，往往将它写成“Principle of the constancy of the velocity of light”。笔者宁愿将她称为“光速不变性”定律。（“Law of the invariance of the velocity of light”）

其实，“速度、加速度及高阶加速度不变性”定律与“相对性原理”是相通相容的。

伽利略变换以及伽利略型的时空变换均满足伽利略时空 $[\vec{r}, t]^T \equiv [x, y, z]^T, t]^T$ 内之“速度、加速度及高阶加速度不变性”定律。

“速度、加速度及高阶加速度不变性”定律是建立“运动观测理论”的基础定律之一。

\*\*\*\*\*

## 作者简介



周方男 湖南省华容县人 1932年9月28日生于湖南省长沙市  
研究员、教授、博士生导师。1950年就读于大连工学院(现大连理工大学)应用物理系，后赴苏联留学，毕业于莫斯科航空学院飞机设计与制造系。著述所涉及的专业领域：航空工程、系统工程、数理经济学与经济计量学、理论物理学。

## Independence of Velocity and Acceleration of a Moving Particle on Selection of Reference Frame

Fang Zhou

tony\_zf\_zf\_zf@126.com

**Abstract** In this paper, a proof to evidence the independence of velocity of moving particle on selection of reference frame is presented. The velocity of a moving particle is actually constant to

different observers, and this is also the case for the acceleration and all high order time derivatives. In consequence, the light propagates in empty space with constant velocity , independently on the selection of reference frame. Any particle always belongs to both moving reference frame and 'rest' reference frame .