

# 狹義相對論

## 狹義相對論基本原理第一

### 光速不变原理 (principle of constancy of light velocity)

- 在所有惯性系中，光速永远不变，即  $c \equiv 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ;
- 所有物体的运动速度不可能超过光速，即  $v \leq c$ 。

下文中，我们将在两个系 K, K' 中研究问题，其中 K' 系是由 K 系的位置开始，以速度  $u$  沿着  $x$  轴匀速直线运动 (简言之，K 系是静止的，K' 系是运动的)。

### 坐標其一

**Lorentz 坐标变换 (Lorentz transformation)** 两个系 K, K' 和一个事件 P, 设在 K 系中的人看来，P 是在时间  $t$  发生在  $(x, y, z)$  处的，在 K' 系中的人看来，P 是在时间  $t'$  发生在  $(x', y', z')$  处的，有

$$\begin{cases} x' = \frac{x - ut}{\sqrt{1 - (u/c)^2}} \\ y' = y \\ z' = z \end{cases}$$

### 時刻其二

$$t' = \frac{t - ux/c^2}{\sqrt{1 - (u/c)^2}}$$

### 速度其三

速度也有类似的式子，即 **相对论速度变换公式**

$$\begin{cases} v'_x = \frac{v_x - u}{1 - uv_x/c^2} \\ v'_y = \frac{v_y \sqrt{1 - (u/c)^2}}{1 - uv_x/c^2} \\ v'_z = \frac{v_z \sqrt{1 - (u/c)^2}}{1 - uv_x/c^2} \end{cases}$$

这个式子在换参考系时适用。

**考** 给出其中几个变量，求某个变量。

**解** 将已知代入方程组求解。

## 狹義相對論運動學第二

### 時間其四

同一时间在两个相运动的惯性系中不一定同时，即 **同时的相对性** (relativity of simultaneity)。

在静止的 K 系中测得的时间 (*我测我自己*)，即 **固有时间** (proper time)  $\tau_0$ ，而在运动的 K' 系中观测到的时间 (或者说在 K 系中观察在运动的 K' 中发生的事件的时间)  $\tau$  与  $\tau_0$  不同，会发生 **时间延缓** (time dilation，或时间膨胀、时钟变慢，简称 **钟慢**)，具体地，

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - (u/c)^2}}$$

### 長度其五

类似地，在 K' 系中观测到的长度 (或者说在 K 系中观察在运动的 K' 中的物体的长度) 会发生 **长度收缩** (length contraction，简称 **尺缩**)，即

$$l = l_0 \sqrt{1 - (u/c)^2}$$

## 狹義相對論動力學第三

### 質量其六

在 K 系观测 K' 系中物体的质量，即 **相对论性质量** (relativistic mass)

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (u/c)^2}}$$

值得注意的是，在 K 系中观测 K 系中的质量，与在 K' 系中观测 K' 系中的质量是相同的，都是  $m_0$ ，即 **静止质量** (rest mass)。

## 能量其七

能量依旧守恒。

运动时的总能量  $E$ ，静止时本来就有的能量，即 **静能** (rest energy)  $E_0$ ，动能  $E_k$  满足

$$\begin{cases} E = mc^2 = E_k + mc^2 \\ E_0 = m_0c^2 \\ E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0c^2 \end{cases}$$

## 动量其八

动量依旧守恒。

经典力学中  $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$  不再适用，而有 **相对论动量和能量关系式** (energy-momentum relation)

$$E^2 = p^2c^2 + E_0^2$$

得

$$p = \frac{1}{c}\sqrt{E^2 - E_0^2}$$