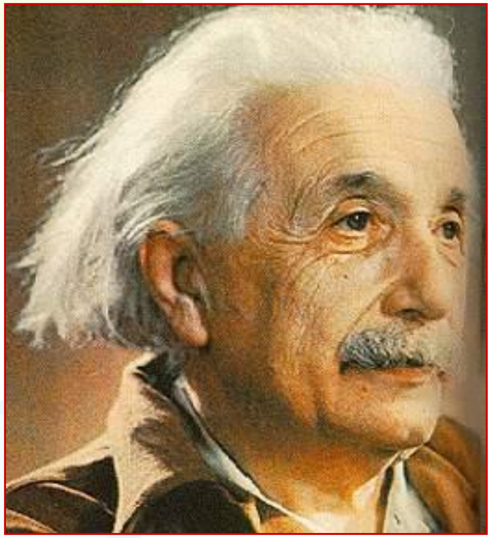


Albert Einstein（1879 – 1955）

20世纪最伟大的物理学家，于1905年和1915年先后创立了狭义相对论和广义相对论，他于1905年提出了光量子假设，为此他于1921年获得诺贝尔物理学奖，他还在量子理论方面具有很多的重要的贡献 .

爱因斯坦的**哲学观念**：自然界应当是和谐而简单的.

理论特色：出于简单而归于深奥.

一　狭义相对论的基本原理

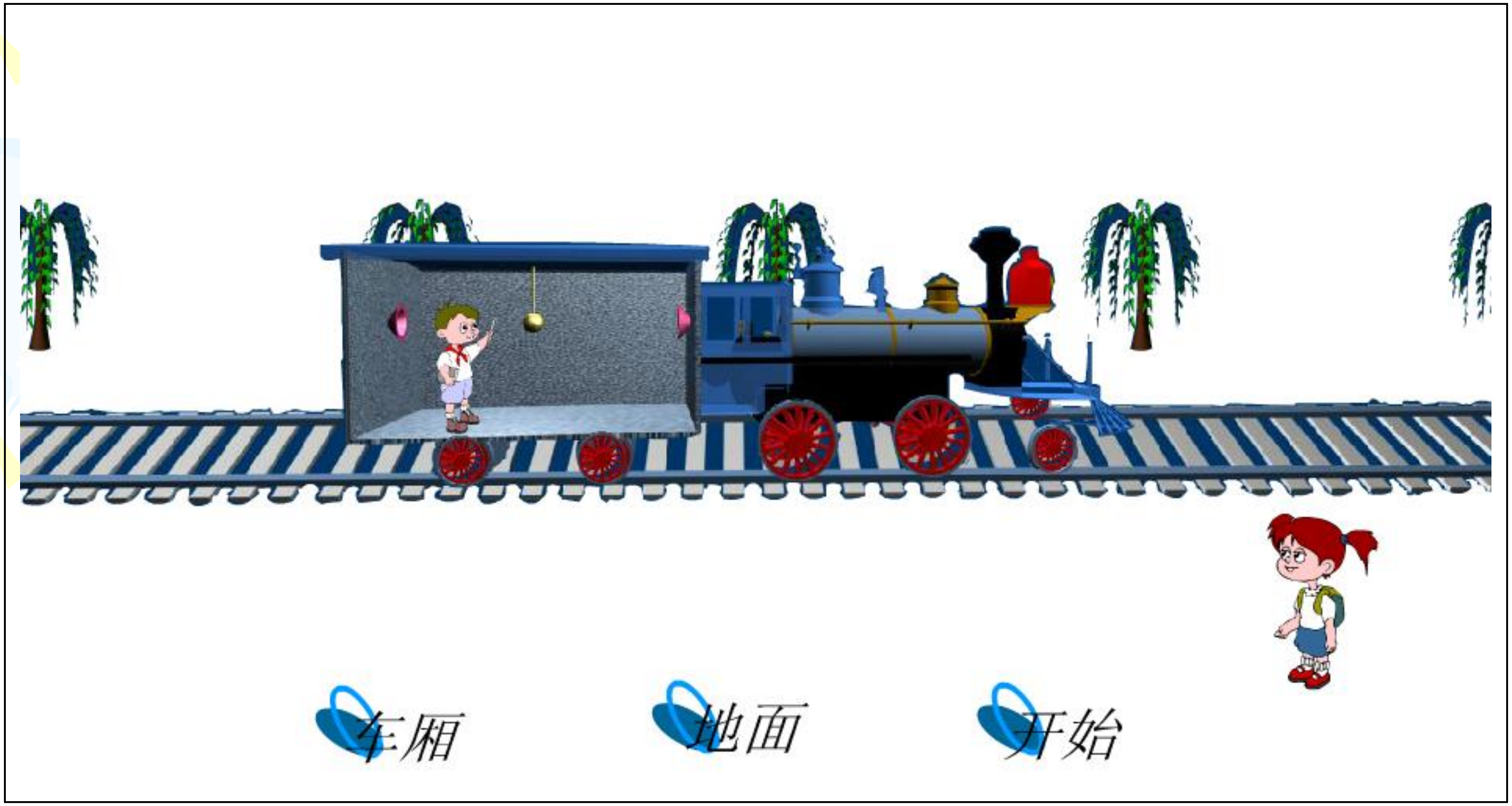
1）爱因斯坦相对性原理：物理定律在所有的惯性系中都具有相同的表达形式 .

- 相对性原理是自然界的普遍规律.
- 所有的惯性参考系都是等价的 .

2）光速不变原理：　真空中的光速是常量，它与光源或观察者的运动无关，即不依赖于惯性系的选择.

- 关键概念：相对性和不变性 .
- 伽利略变换与狭义相对论的基本原理不符 .

◆　和光速不变紧密联系在一起的是：在某一惯性系中同时发生的两个事件，在相对于此惯性系运动的另一惯性系中观察，并不一定是同时发生的．

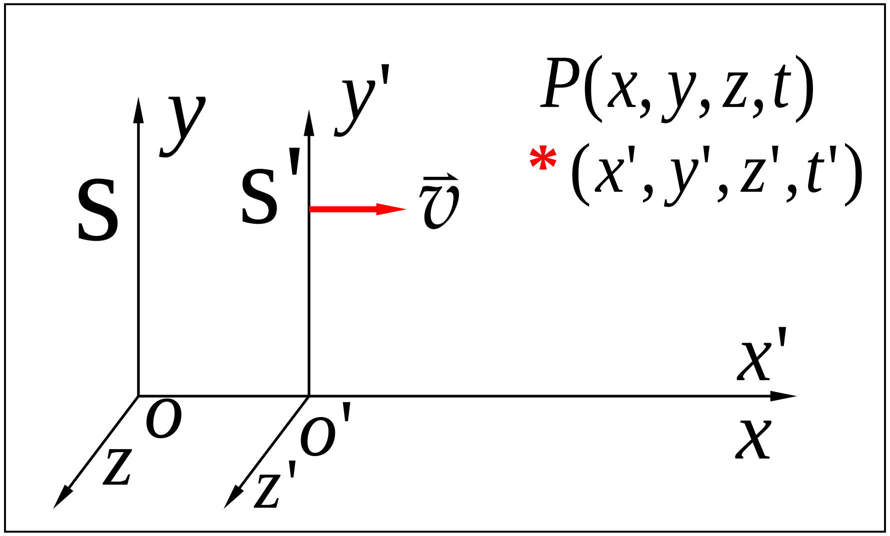


说明同时具有相对性，时间的量度是相对的．

◆ 长度的测量是和同时性概念密切相关.

二　洛伦兹变换式

设：$t=t'=0$ 时，o,o'重合；事件 P 的时空坐标如图所示.



$$\left\{\begin{aligned} x' &= \frac{x-vt}{\sqrt{1-\beta^2}} = \gamma(x-vt) \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= \frac{t-\frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1-\beta^2}} = \gamma\left(t-\frac{v}{c^2}x\right) \end{aligned}\right.$$

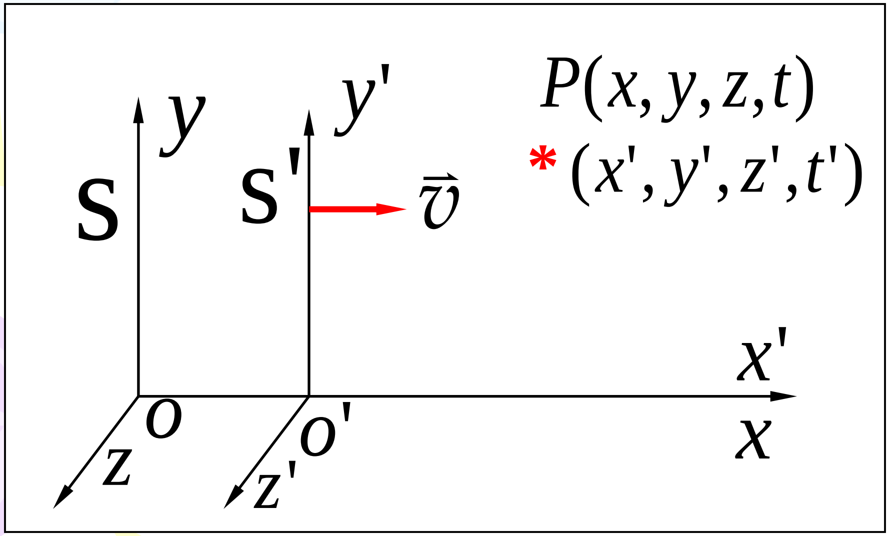
$$\beta = v/c$$
$$\gamma = 1\big/\sqrt{1-\beta^2}$$

正变换

$$\begin{cases} x' = \gamma(x - vt) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \gamma\left(t - \dfrac{v}{c^2}x\right) \end{cases}$$

逆变换

$$\begin{cases} x = \gamma(x' + vt') \\ y = y' \\ z = z' \\ t = \gamma\left(t' + \dfrac{v}{c^2}x'\right) \end{cases}$$



光速在任何惯性系中均为同一常量，利用它将时间测量与距离测量联系起来.

洛伦兹变换特点

1） x', t' 与 x, t 成线性关系，但比例系数 $\gamma \neq 1.$

2） 时间不独立， t 和 x 变换相互交叉.

3） $v << c$ 时，洛伦兹变换 ⟹ 伽利略变换。

◆ 意义：基本的物理定律应该在洛伦兹变换下保持不变 . 这种不变显示出物理定律对匀速直线运动的对称性 —— 相对论对称性 .

三　相对论速度变换式

S系中：　$$v_x=\frac{dx}{dt},v_y=\frac{dy}{dt},v_z=\frac{dz}{dt}$$

S'系中：　$$v'_x=\frac{dx'}{dt'},v'_y=\frac{dy'}{dt'},v'_z=\frac{dz'}{dt'}$$

$$\frac{dx'}{dt'}=\frac{\dfrac{dx'}{dt}}{\dfrac{dt'}{dt}}=\frac{\dfrac{dx}{dt}-\beta c}{1-\dfrac{\beta}{c}\dfrac{dx}{dt}}$$

$$\frac{dy'}{dt'}=\frac{\dfrac{dy'}{dt}}{\dfrac{dt'}{dt}}=\frac{\dfrac{dy}{dt}}{\gamma(1-\dfrac{\beta}{c}\dfrac{dx}{dt})}$$

$$\frac{dz'}{dt'}=\frac{\dfrac{dz'}{dt}}{\dfrac{dt'}{dt}}=\frac{\dfrac{dz}{dt}}{\gamma(1-\dfrac{\beta}{c}\dfrac{dx}{dt})}$$

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

补例： 设有两根相互平行的尺子，在各自静止的参考系中得长度均为1。它们以相同得速率u向对于某一参考系运动，但运动方向相反，且平行尺子。求沿在一根尺上测量另一根尺子的长度。

解：

$$v_x = \frac{v'_x + u}{1 + \frac{v'_x u}{c^2}} = \frac{2u}{1 + \frac{u^2}{c^2}}$$

$$l = l_0\sqrt{1 - v^2{}_x / c^2} = l_0\sqrt{1 - 4u^2/(1+u^2/c^2)c^2}$$

$$\boxed{= \frac{1 - u^2/c^2}{1 + u^2/c^2} l_0}$$

误解：

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

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

主要错误是公式 $l = l_0\sqrt{1-u^2/c^2}$ 是有条件的，必须在系上同时测量，而由同时的相对性，不可能在 S, S'上同时发生两条件。

补例：

求证：

1若 $v' < c, u < c$ 则 $v < c$

2若 $\begin{cases} v' = c, u < c \\ v' < c, u = c \end{cases}$ 则 $v = c$

3若 $v' = c, u = c$ 则 $v = c$

证：

$$\because v = \frac{v' + u}{1 + v'u / c^2} = c^2 \frac{v' + u}{c^2 + v'u} = c \frac{c(v' + u)}{c^2 + v'u}$$

讨论：1　$\because v' < c, u < c$

则　$(c - v')(c - u) = c^2 + v'u - c(v' + u) > 0$

即　$\dfrac{c(v' + u)}{c^2 + v'u} < 1$　　$\boxed{\therefore u < c}$

同理2、3得　$\dfrac{c(v' + u)}{c^2 + v'u} = 1$　　$\boxed{\therefore u = c}$

很明显：符合光速不变原理的要求，也说明了c已具有 ∞ 的一些性质，体现了c是物质运动的最大速度，也是一切相互作用物体的极限速度。