

# 相对论

14-5 设  $S'$  系以速率  $v = 0.60c$  相对于  $S$  系沿  $xx'$  轴运动, 且在  $t = t' = 0$  时,  $x = x' = 0$ . (1) 若有一事件, 在  $S$  系中发生于  $t = 2.0 \times 10^{-7} \text{s}$ ,  $x = 50 \text{m}$  处, 则该事件在  $S'$  系中发生于何时刻?

(2) 若另有一事件发生于  $S$  系中  $t = 3.0 \times 10^{-7} \text{s}$ ,  $x = 10 \text{m}$  处, 在  $S'$  系中测得这两个事件的时间间隔为多少?

解: (1)

$$t_1' = \frac{t_1 - \frac{v}{c^2} x_1}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} = 1.25 \times 10^{-7} \text{s}$$

(2)

$$t_2' = \frac{t_2 - \frac{v}{c^2} x_2}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} = 3.5 \times 10^{-7} \text{s}$$

$$\Delta t' = t_2' - t_1' = 2.25 \times 10^{-7} \text{s}$$



# 相对论

14-6 设有两个参考系S和S'，它们的原点在 $t=0$ 和 $t'=0$ 时重合在一起。有一事件，在S'系中发生在 $t'=8.0 \times 10^{-8}\text{s}$ ， $x'=60\text{m}$ ， $y'=0$ ， $z'=0$ 处，若S'系相对于S系以速率 $v=0.6c$ 沿 $xx'$ 轴运动，问该事件在S系中的时空坐标各为多少？

解：

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} = 93\text{m}$$

$$y = y' = 0; z = z' = 0$$

$$t = \frac{t' + \frac{v}{c^2} x'}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} = 2.5 \times 10^{-7} \text{ s}$$



# 相对论

**14-7** 一列火车长**0.30km**火车上观察者测得以**100km/h**的速度行驶地面上观察者发现有两个闪电同时击中火车的前后两端。问火车上的观察者测得两闪电击中火车前后两端的时间间隔为多少？

解：地面为S系，火车为S'系。  $v = 100\text{km/h} = 27.78\text{m/s}$

事件1：闪电击中车尾；事件2：闪电击中车头

$$x_2' - x_1' = 0.3\text{km} = 300\text{m} \quad t_2 - t_1 = 0$$

$$t_2 - t_1 = \frac{(t_2' - t_1') + \frac{v}{c^2}(x_2' - x_1')}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = 0$$

$$t_2' - t_1' = -\frac{v}{c^2}(x_2' - x_1') = -9.26 \times 10^{-14}\text{s} < 0$$

火车上观察者看到闪电先击中车头。



# 相对论

14 -8 在惯性系S中, 某事件A发生在 $x_1$ 处, 经过 $2.0 \times 10^{-6}\text{s}$ 后, 另一事件B发生在 $x_2$ 处, 已知 $x_2 - x_1 = 300\text{m}$ . 问: (1) 能否找到一个相对S系做匀速直线运动的参照系S', 使两事件发生于同一地点, 若能求出S'系做匀速运动的速度; (2) 在S'系中, 上述两事件发生的时间间隔是多少?

解: (1) 
$$x'_2 - x'_1 = \frac{(x_2 - x_1) - v(t_2 - t_1)}{\sqrt{1 - \beta^2}} = 0$$

$$v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = 1.5 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(2) 
$$t'_2 - t'_1 = \frac{(t_2 - t_1) - \frac{v}{c^2}(x_2 - x_1)}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} = 1.73 \times 10^{-6} \text{ s}$$



# 相对论

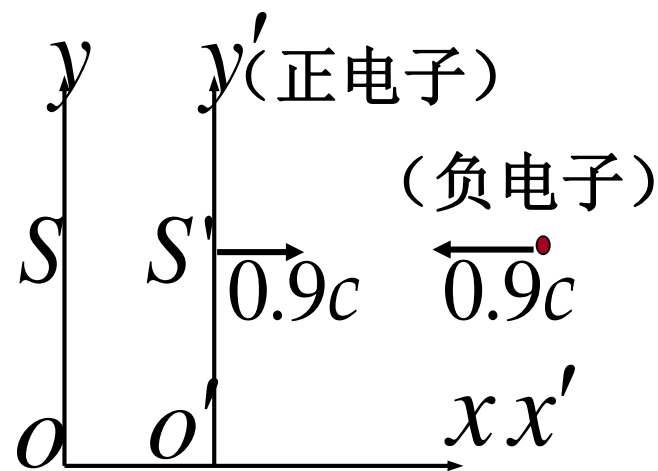
**14-9** 设在正负电子对撞机中，电子和正电子以速度  $0.90c$  相向飞行，它们之间的相对速度为多少？

解：设对撞机为  $S$  系，沿  $+x$  运动的正电子为  $S'$  系

$$v = 0.9c, u_x = -0.9c$$

$$\begin{aligned} u'_x &= \frac{u_x - v}{1 - \frac{v}{c^2} u_x} \\ &= \frac{-0.9c - 0.9c}{1 - \frac{0.9c}{c^2} (-0.9c)} = -0.994c \end{aligned}$$

负号表示速度方向沿  $x$  轴负方向。



# 相对论

**14-11** 设在宇航飞船中的观察者测得脱离它而去的航天器相对它的速度为  $1.2 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ 。同时，航天器发射一枚空间火箭，航天器中的观察者测得此火箭相对它的速度为  $1.0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ 。问：(1) 此火箭相对宇航飞船的速度为多少？(2) 如果以激光光束来替代空间火箭，此激光光束相对宇航飞船的速度又为多少？请将上述结果与伽利略速度变换所得结果相比较，并理解光速是物体速度的极限。

解：设宇宙飞船是 **S** 系，航天器是 **S'** 系

$$v = 1.2 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (1) \quad u_x = \frac{u'_x + v}{1 + \frac{v}{c^2} u'_x} = 1.94 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$
$$u'_x = 1.0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$(2) \quad u_x = \frac{c + v}{1 + vc / c^2} = c$$

伽利略速度变换：

$$u_x = c + v > c$$



# 相对论

**14-15** 在惯性系S中观察到有两个事件发生在某一地点，其时间间隔为4.0s。从另一惯性系S'观察到这两个事件发生的时间间隔为6.0s。问从S'系测量到这两个事件的空间间隔是多少？（设S'系以恒定速率相对S系沿xx'轴运动）

解：

$$\Delta x = 0, \Delta t = 4.0s, \Delta t' = 6.0s$$

$$\Delta t' = \frac{\Delta t - \frac{v}{c^2} \Delta x}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \quad 6 = \frac{4}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \quad v = \frac{\sqrt{5}}{3} c$$

$$\Delta x = \frac{\Delta x' + v \Delta t'}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} = 0 \quad |\Delta x'| = |-v \Delta t'| = 1.34 \times 10^9 m$$



# 相对论

14-17 在S系中有一长为 $l_0$ 的棒沿x轴放置，并以速率 $u$ 沿xx'轴运动。若有一S'系以速率 $v$ 相对S系沿xx'轴运动，试问在S'系中测得此棒的长度为多少？

解：棒在S系中的速度为  $u_x = u$

则在S'系中测得棒的速度为  $u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \frac{v}{c^2} u_x}$

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

解得 
$$l = \frac{l_0}{c^2 - uv} \sqrt{(c^2 - u^2)(c^2 - v^2)}$$





**14-19** 一固有长度为4.0m的物体，若以速率0.6c沿x轴相对于某惯性系运动，试问从该惯性系测量，此物体的长度为多少？

解：

$$l = l_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2} = 3.2m$$

