



第三节 狭义相对论时空观

1. 关于下述两个问题：*a*、对某观察者来说，发生在某惯性系中同一地点、同一时刻的两个事件，对于相对该惯性系作匀速直线运动的其他惯性系中的观察者来说，它们是否同时发生？*b*、在某惯性系中发生于同一时刻、不同地点的两个事件，它们在其他惯性系中是否同时发生？

解析：如图所示，在*S*坐标系中，事件*A*和*B*是同时发生在同一地点的两个事件：

它们的空间间隔和时间间隔分别为： $\Delta x = 0$ $\Delta t = 0$ ；

则在*S'*坐标系中，由洛伦兹变换得： $\Delta x' = \gamma(\Delta x - v\Delta t)$ $\Delta t' = \gamma(\Delta t - v\Delta x/c^2) = 0$

所以对于同一地点，同一时刻发生得两个事件，在另一惯性系中也同时发生。

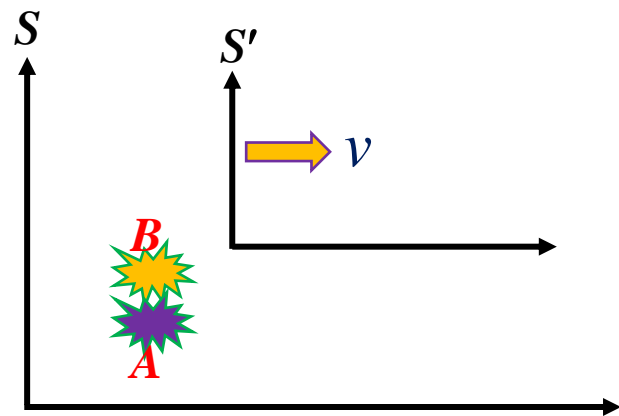
若*A*和*B*在*S*系中，同一时刻，不同地方发生：

即： $\Delta x \neq 0$ $\Delta t = 0$ ；

则在*S'*坐标系中，由洛伦兹变换得：

$$\Delta x' = \gamma(\Delta x - v\Delta t) = \gamma\Delta x \neq 0$$

$$\Delta t' = \gamma(\Delta t - v\Delta x/c^2) = -\gamma v\Delta x/c^2 \neq 0 \quad \text{因此不同时。故选A}$$





2. 边长为 a 的正方形薄板静止于惯性系 K 的 Oxy 平面内，且两边分别与 x ， y 轴平行。今有惯性系 K' 以 $0.8c$ 的速度相对于 K 系沿 x 轴作匀速直线运动，则从 K' 系测得薄板的面积为：

解析：如图所示，在 K 坐标系中，设原点 O 的 $x=0$ ， $y=0$ ；则 A 和 B 的位置坐标为：

$A(a, 0)$ 、 $B(0, a)$ ；即薄板的固有长度为： $l_x = l_y = l_0 = a$

当在 K' 中观察时：由洛伦兹变换得：

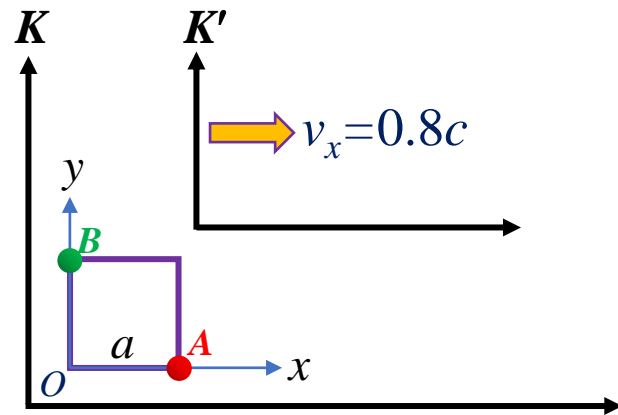
$$l'_x = l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v_x}{c}\right)^2} = l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{0.8c}{c}\right)^2} = 0.6a$$

而对于 y 方向： $v_y=0$ ，因此：

$$l'_y = l_y = a$$

于是在 K' 系中测得薄板的面积为： $S' = 0.6a^2$

故选A





3. 有一细棒固定在 S' 系中，它与 ox' 轴的夹角 $\theta=60^\circ$ ，如果 S' 系以速度 u 沿 ox 方向相对于 S 系运动， S 系中观察者测得细棒与 ox 轴的夹角：

解析：如图所示，在 S' 坐标系中，此坐标系中观测到细棒的长度为固有长度 l_0 ，与 ox' 轴的夹角 $\theta'=60^\circ$ ，即：

$$\frac{\Delta y'}{\Delta x'} = \frac{l_0 \sin 60^\circ}{l_0 \cos 60^\circ}$$

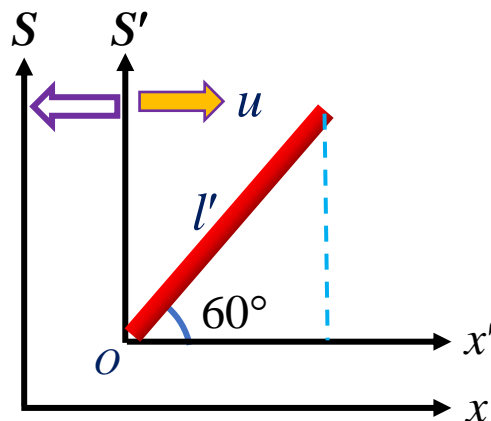
又因为在 S 系中： $\Delta y = \Delta y' = l_0 \sin 60^\circ$

$$\Delta x = l_0 \cos 60^\circ \sqrt{1 - \left(\frac{v_x}{c}\right)^2} = l_0 \cos 60^\circ \sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2} = l_0 \cos \theta < l_0 \cos 60^\circ = \Delta x'$$

当在 S' 中，不管 S 沿着 ox 正方向运动还是负方向运动：

$$\theta > 60^\circ$$

故选B



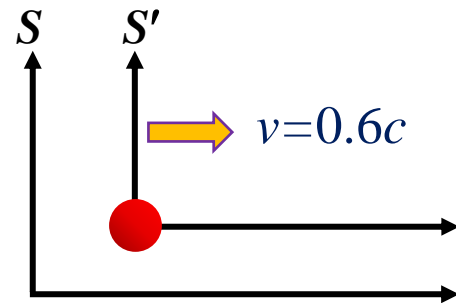


4. π^+ 介子是不稳定的粒子，在它自己的参考系中测得平均寿命是 $2.6 \times 10^{-8} s$ ，如果它相对于实验室以 $0.6c$ 的速率运动，那么实验室坐标系中测得的 π^+ 介子的寿命是：

解析：由题意知：在 S' 系中， π^+ 介子的寿命为： $\Delta t' = 2.6 \times 10^{-8} s$ ；

则在 S 系中：由洛伦兹转换可得：

$$\Delta t = \gamma \Delta t' = \frac{2.6 \times 10^{-8} s}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.6c}{c}\right)^2}} = \frac{2.6 \times 10^{-8} s}{0.8} = 3.25 \times 10^{-8} s$$





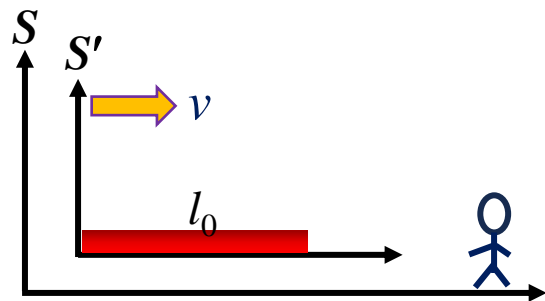
5. 一观察者测得一沿米尺长度方向匀速运动着的米尺的长度为0.5m。则此米尺以速度 $v=$ _____m/s接近观察者。

解析：由题意知：如图所示，尺子的固有长度 $l_0 = 1m$ ，在 S 坐标系中的观察者，观测到的尺子的长度为：

$$l = l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = 0.5 \Rightarrow \left(\frac{v}{c}\right)^2 = \frac{3}{4}$$

得：

$$v = \frac{\sqrt{3}}{2} c = 0.866c = 2.598 \times 10^8 m/s$$





6. 狭义相对论确认，时间和空间的测量值都是： ，它们与观察者的 密切相关。

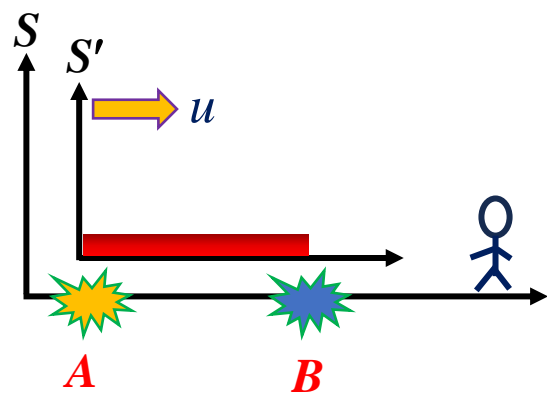
解析：狭义相对论确认，时间和空间的测量值都是相对的，它们与观察者的运动状态密切相关。

7. 一列高速火车以速度 u 驶过车站时，固定在站台上的两只机械手在车厢上同时划出两个痕迹，静止在站台上的观察者同时测出两痕迹之间的距离为 $2m$ ，则车厢上的观察者应测出这两个痕迹之间的距离为：

解析：由题意知：如图所示，两个机械手（A和B）在站台上沿火车行驶的方向水平放置，在站台上（S系）测得机械手之间的距离，即划痕之间的距离： $l=\Delta x=2m$ 。

因为划痕相对火车（S'系）是静止的，
所以火车上测得的划痕长度是固有长度，为：

$$l_0 = \frac{l}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{2}{\sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}} \quad m$$





8. 固有长度为6m的宇宙飞船以速度 $v=0.6c$ 相对于地球飞行，地面上的人测量飞船的长度为多少？如果地面上有一个地标，则飞船和地面上观测者测得飞船经过地标所需的时间各为多少？

解析：由题意知：如图所示，在 S' 坐标系中的观察者，观测到飞船的固有长度 l_0 为： $l_0=6m$

则在 S 系中的观测者观测到飞船的长度，由洛伦兹变换可得：

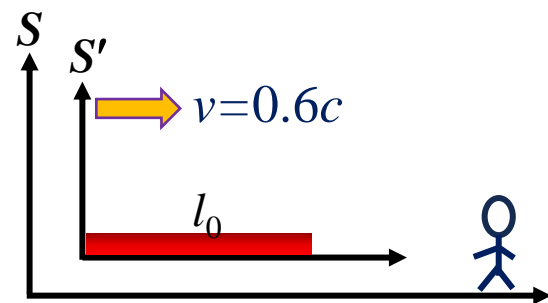
$$l = \frac{l_0}{\gamma} = l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = 6 \times \sqrt{1 - \left(\frac{0.6c}{c}\right)^2} = 4.8m$$

在地面上的观测者观测到飞船经过的时间为：

$$\Delta t = \frac{l}{v} = \frac{4.8}{0.6c} = \frac{8}{c} = 2.67 \times 10^{-8} s$$

飞船上的观测者观测到的时间为：

$$\Delta t' = \frac{l_0}{v} = \frac{6}{0.6c} = 10^{-8} s$$





9. 标准米尺静置于 K' 惯性系，与 X' 轴成 45° 角。已知 K' 相对于 K 惯性系的速度为 $u=\sin 60^\circ c$ ，则在 K 系测得该尺长为多长？与 X 轴夹角为多少？

解析：如图所示，在 K' 坐标系中，米尺与 X' 轴的夹角 $\theta'=45^\circ$ ，即：

$$l'_x = l'_y = \frac{\sqrt{2}}{2} l_0$$

又因为在 S 系中：

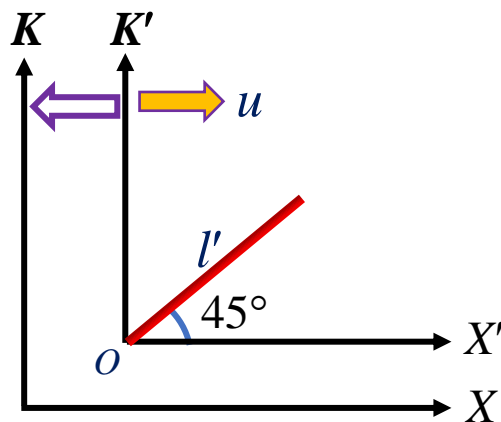
$$l_y = l'_y = \frac{\sqrt{2}}{2} l_0$$

$$l_x = \frac{\sqrt{2}}{2} l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2} = \frac{\sqrt{2}}{2} l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{2}}{4} l_0$$

则 K 系中米尺的长度为： $l = \sqrt{\frac{2}{4} + \frac{2}{16}} m = \sqrt{\frac{10}{16}} m = \frac{\sqrt{10}}{4} m = 0.79m$

与 X 轴的夹角为： $\tan \theta = \frac{\sqrt{2}}{2} \times \frac{4}{\sqrt{2}} = 2$

得： $\theta \approx 64^\circ$





10. 思考题：明航客机以200km/s的平均速度相对于地面飞行。飞机上的乘客下飞机后，是否需要因时间延缓而对手表进行修正？

解析：当乘客下飞机后，在地面S系中的时间为：

$$\Delta t = \gamma \Delta t' = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 10^5}{3 \times 10^8} \right)^2}} = \frac{\Delta t'}{0.9999997} \approx 1.00000022 \Delta t'$$

可以看出下了飞机和在飞机上的时间差别非常小，则可以不修正。