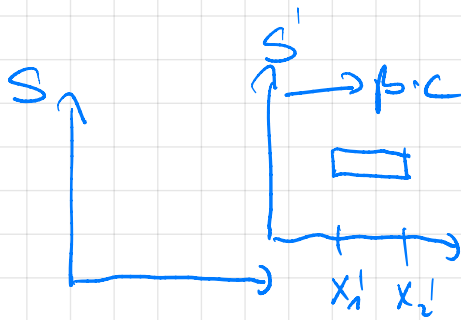


Länge Kontraktion



Messung der Länge ist
Messung der Position
 x'_1 und x'_2 zur selben
Zeit.

$$L' = x'_2 - x'_1$$

In S bewegt sich das Objekt!

$$L = x_2(t_m) - x_1(t_m) \quad t_m \text{ Messzeit}$$

$$L' = \gamma (x_2 - \beta c t_m) - \gamma (x_1 - \beta c t_m)$$

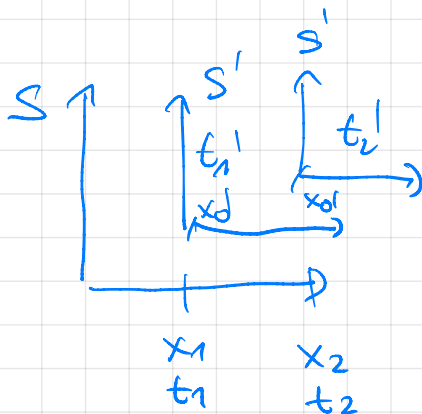
$$= \gamma (x_2 - x_1) = \gamma L$$

$$L = \frac{L'}{\gamma}$$

Länge Kontraktion

$$L = \frac{L'}{\gamma}$$

30. Vorlesung



Betrachte bewegliches Uhr in S,
ruhende Uhr in S'

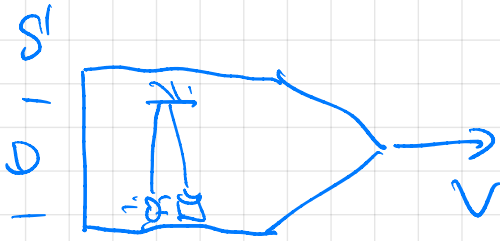
Lorentz transform

$$ct_2 = \gamma (ct_2' + \beta x_2')$$

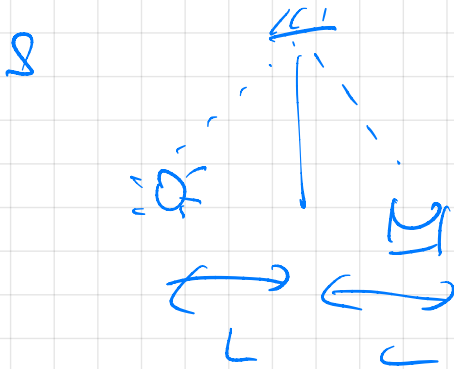
$$ct_1 = \gamma (ct_1' + \beta x_1')$$

$$\Delta t = \gamma \Delta t'$$

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\gamma}$$



$$S' \quad c \cdot \Delta t' = 2L$$



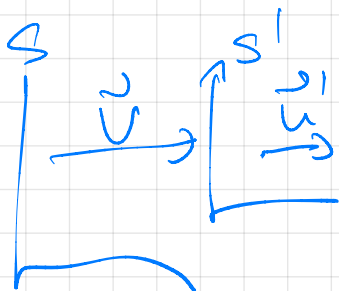
$$S \quad c \cdot \Delta t = 2 \sqrt{L^2 + L^2 v^2 \Delta t'^2}$$

$$= \sqrt{(c \Delta t')^2 + (v \Delta t')^2}$$

$$c \cdot \Delta t = c \Delta t' \sqrt{1 + \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\Delta t = \gamma \Delta t'$$

Addition von Geschwindigkeiten



Lösungsweg

$$dx = \dots$$

$$dt = \dots$$

$$u = \frac{dx}{dt}$$

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

$$v \ll c \quad u = u' + v$$

$$u' = c \quad u = \frac{c+v}{1 + \frac{cv'}{c^2}} = c$$

$$\Rightarrow v_{\max} = c$$

c ist die maximale Geschwindigkeit

Zusammengefasst sind diese Winkel nicht konstant.

Dopplereffekt

bewegter Sender

$$f_E = \frac{1}{1 - \frac{v_s}{c}} \cdot \frac{f_s}{\lambda}$$

$$= \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} f_s$$

bewegter Empfänger

$$\frac{f_E}{\lambda} = (1+\beta) f_s$$

$$f_E = \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} f_s$$

Sehenswürdig

Auch Masse ändert sich $m = \gamma m'$

Galilei - Trafo: $|\Delta \vec{x}|^2$ ist invariant
unter G.T.

Lorentz - Trafo: $|\Delta \vec{S}|^2$ ist invariant unter
L.T.

$$\left. \begin{aligned} |\Delta S|^2 &= -c^2 \Delta t^2 + |\Delta \vec{x}|^2 \\ |\Delta S|^2 &= c^2 \Delta t^2 - |\Delta \vec{x}|^2 \end{aligned} \right\} \leftarrow \begin{pmatrix} ict \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

4 Komponenten

$$\vec{x}_4 = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ ict \end{pmatrix} \quad \text{Position}$$

$$\vec{p}_4 = \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \\ E/c \end{pmatrix} \quad \vec{F}_4 = \begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ W/c \end{pmatrix}$$

und viele andere Beispiele ...

$$(x_0 \ x_1 \ x_2 \ x_3) \begin{pmatrix} 1 & & & \\ & -1 & & \\ & & -1 & \\ & & & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_0 \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}$$

↻
g_{μν}

Minkowski - Raum

