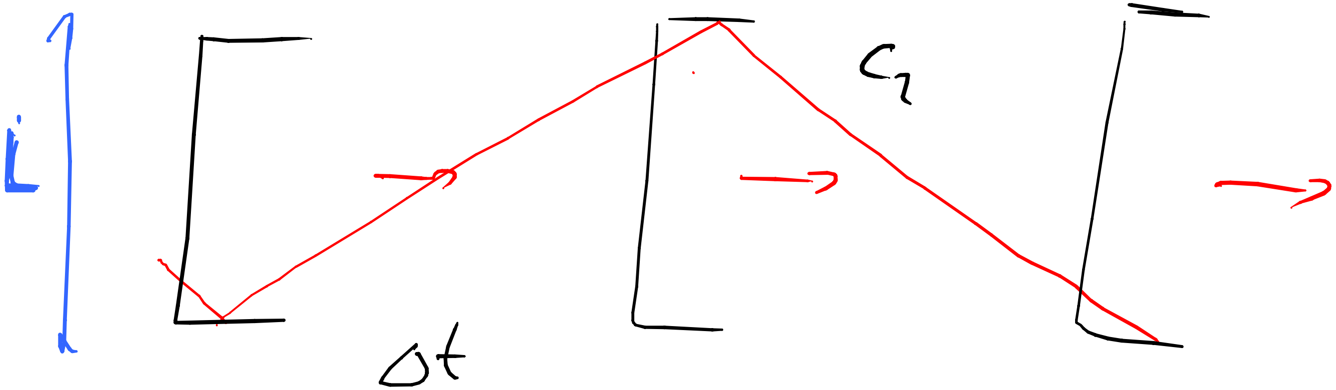
1. Postulat: es ist <u>prinzipiell</u> unmöglich, durch ein Experiment herauszufinden, ob man sich gleichförmig bewegt oder in Ruhe ist (es gibt <u>kein</u> absolutes Bezugssystem) [∄ Äther]

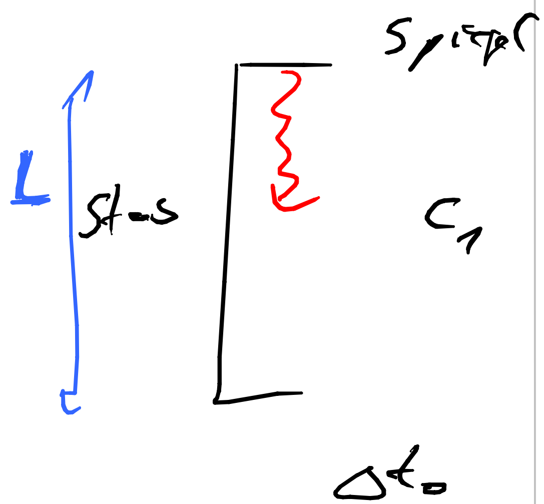
2. Postulat: Lichtgeschwindigkeit ist unabhängig von der Geschwindigkeit d. Lichtquelle

$\Rightarrow$ mit $1 \wedge 2 \Rightarrow c = \text{const}$ in allen Inertialsystemen

im Laborsystem



Ruhesystem

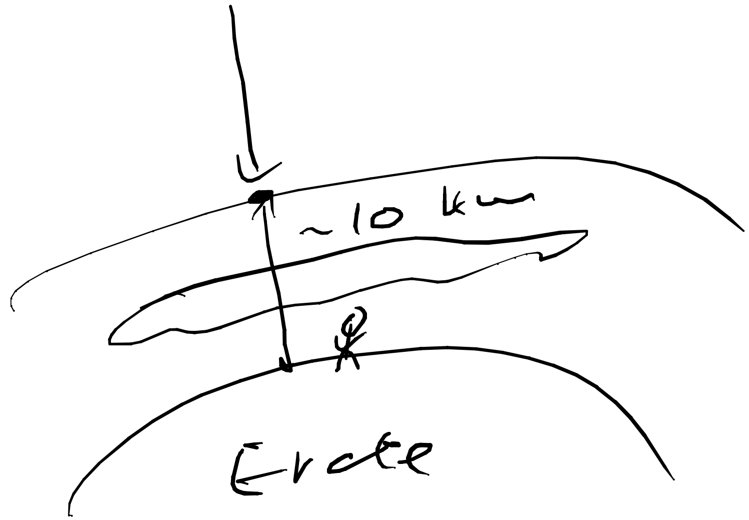


$\Rightarrow$ mit $c_2 \equiv c_1 \equiv c$

$$\Rightarrow \Delta t = \gamma \, \Delta t_0$$

Bsp: μ - Zerfall, μ ~ 200-mal schwerer als e^-

~ $2\mu s$ Lebensdauer



$$c \cdot 2\mu s =$$

$$= 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \cdot 2 \cdot 10^{-6} s$$

$$= 600 m$$

$$\Delta l = \frac{1}{\gamma} \cdot \Delta l_0$$

→ Lorentz-Trafo

Ansatz: $x = \gamma\,(x' + vt')$

$\gamma = \gamma(v, c)$

für <u>inverse</u> Trafo wg. Postulat 1

$$x' = \gamma(x - vt)$$

$$x' = \sin(\gamma)[x - v^2 t]$$

relativistische Energie-Impuls-Relation

Impuls $\equiv p \equiv \gamma m_0 v \equiv m v$ (*)

mit $m \equiv \gamma m_0$
$\uparrow$
Ruhemasse

Energie: auch jetzt

$$F = \frac{dp}{dt} \quad \Big| \cdot ds$$

$$F \cdot ds = \frac{dp}{dt} \cdot \underbrace{ds}_{= v \cdot dt} = v \cdot dp = dE_{kin}$$

$$\Rightarrow E_{kin} = \int dE_{kin} = \int v\,dp =$$

$$\int f(x)\,dx$$

$$\int v\,d[f(x)]$$

$$= \int_0^{v_E} v\, \underbrace{d\left(\frac{m_0 v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right)}$$

$$\frac{d}{dv} \Rightarrow \left[v\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}\right]' =$$

$$= \left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}} + v\cdot \cancel{\frac{1}{2}}\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}} \cdot \frac{\cancel{2}v}{c^2} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\ldots}} + \frac{v^2}{c^2}\,\frac{1}{\sqrt{\ldots}^{\,3}} =$$

$$= \frac{1 - \cancel{\frac{v^2}{c^2}} + \cancel{\frac{v^2}{c^2}}}{\sqrt{\cdot}^{\,3}} = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}$$

$$d\left(\frac{m_0 v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right) = m_0 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}} \cdot dv$$

$$\Rightarrow E_{kin} = \int_0^{v_E} v\, m_0 \cdot \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}} \cdot \underline{\underline{dv}} =$$

s. mathemat. Formelsammlung

$$= m_0 c^2 \left(\underbrace{\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_E^2}{c^2}}}}_{=\gamma} - 1 \right) =$$

$$= m_0 c^2 (\gamma - 1)$$

$$\Rightarrow E_{kin} = m_0 c^2 (\gamma - 1) \overset{(**)}{=}$$

$$\underset{\text{für } v \ll c}{\cong} \frac{1}{2} m_0 v^2$$

$$\boxed{E = mc^2}$$

$$\Rightarrow \text{Gesamt-Energie} = E = E_{kin} + \underline{\underline{m_0 c^2}} = mc^2$$

$$m_0 = 1\,kg$$

$$\Rightarrow m_0 c^2 = 1\,kg \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}\right)^2 =$$

$$= 1 \cdot kg \cdot \left(9 \cdot 10^{16} \frac{m^2}{s^2}\right) =$$

$$\cong 10^{17} \frac{kg\, m^2}{s^2} = 0.1\,EJ$$

KKW → 1000 MW
→ in 1s 10^9 J

$\rightarrow$ Impuls-Energie-Relation

$$m \equiv m_0 \qquad p = \frac{mv}{\sqrt{\cdots}} \quad \Big| \cdot c \quad : \quad (**)$$

$$\frac{pc}{E} = \frac{\cancel{m}cv}{\cancel{\sqrt{\cdots}}} \cdot \frac{\cancel{\sqrt{\cdots}}}{\cancel{m}c^2} = \frac{v}{c}$$

$$\rightarrow \quad E = \frac{pc^2}{v} \quad \Big|^2 \rightarrow E^2 = \frac{p^2c^4}{v^2} \quad (***)$$

$$v \text{ aus } (*) \qquad p\sqrt{\cdots} = m_0 v \quad \Big|^2$$

$$p^2\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right) = \frac{p^2}{c^2}\left(c^2-v^2\right) = m_0^2 v^2$$

$$v^2\left(m_0^2 + \frac{p^2}{c^2}\right) = p^2 \quad \text{in } (***)$$

$$v^2\left(m_0^2 + \frac{p^2}{c^2}\right) = p^2$$

$$\Rightarrow E^2 = \cancel{p^2} c^4 \frac{\left(m_0^2 + \frac{p^2}{c^2}\right)}{\cancel{p^2}}$$

$$\Rightarrow \boxed{E^2 = (pc)^2 + (m_0 c^2)^2}$$

Licht = Photonen mit $m_0 = 0$

$\Downarrow$

$$\boxed{E = pc}$$