Karlsruher Institut für Technologie

Klassische Physik 1 WS 2012/13

Johannes Blümer

KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA

4. Relativistische Mechanik

Michelson - Morley

Bündel 2 $\quad t_2 = \dfrac{l_2}{c+v} + \dfrac{l_2}{c-v}$

$$t_1 = \frac{2 l_1}{c\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$v \ll c$, $\quad \Delta t = t_2 - t_1$;

$\Delta t' \rightarrow$ Anordnung um 90° drehen

$$\Delta t - \Delta t' \approx \underbrace{(l_1 + l_2)}_{} \cdot \frac{v^2}{c^2} \qquad \frac{v}{c} =: \beta \,, \; 0 < \beta < 1$$

Länge der Interferometerarme, hier: cm

M-M: 11 m

Laufzeitdifferenz $\hat{=}$ Unterschiedl. Anzahl Wellenzüge im den Interf. armen

$\lambda = 600\,nm$, $l \simeq 1\,m$ $\quad N = \frac{1\,m}{600 \cdot 10^{-9}\,m} = 1.5 \cdot 10^6$

$$\Delta t \rightarrow \Delta N = \frac{\Delta t}{T} = f \cdot \Delta t = \frac{c}{\lambda} \cdot \Delta t = \frac{c}{\lambda} \frac{l}{c} \underbrace{\beta^2}_{\beta \sim 10^{-4} \quad \beta^2 \simeq 10^{-8}}$$

$\downarrow$

$90°$ Drehung $\quad \Delta N = \frac{2l}{\lambda} \beta^2$

d.h. Interf. Muster verändert sich nur um $\mathcal{O}(10^{-8} \cdot 10^6) \simeq 10^{-2}$ Wellenzüge

Alle "M-M-Experimente" können haben keine Verschiebung der Wellenzüge registr.

Lorentz - Transformation

Galilei-Transf. : ✓ für $v \ll c$

Michelson et al : ~~Äther etc~~

Einsteinsche Postulate : E1 : $\nexists$ ausgezeichnetes Inertialsyst.

E2 : Lichtgeschwindigkeit stets c

neue Koord.-transf. :

<u>Ansatz</u> $x = x' + vt'$ in System S $\rightarrow$ $x = \gamma \cdot (x' + vt')$

γ zu suchen

γ kann nicht von $x, y, z, x', y', z', t, t'$ abhängen (E1)

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

gleiche Betrachtung im S' : $x' = \gamma \cdot (x - vt)$

Betr. Lichtsignal, das in S bei $x=0$, $t=0$ startet

Synchr. $t = t' = 0$ wenn $O = O'$

Lichtwege $x = c \cdot t$ in S und $x' = c \cdot t'$ in S'

E2

x, x' in Ansatz einsetzen

$$x = ct = \gamma(x' + vt') = \gamma(ct' + vt') = \gamma t'(c+v)$$

$$x' = ct' = \gamma(x - vt) = \gamma(ct - vt) = \gamma t(c-v)$$

$\rightarrow$ t elim., $t = t' \frac{\gamma}{c}(c+v)$

$$c\underbrace{t'} = \gamma \underbrace{t'} \frac{\gamma}{c}(c+v)(c-v)$$

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

$$\gamma^2 = \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{1-\beta^2} \Rightarrow \boxed{\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}}$$

Transformation für t

$x = \gamma(x' + vt')$ in $x' = \gamma(x - vt)$ einsetzen, γ expliz. nach t auflösen!

$$t = \gamma\left(t' + \frac{x'v}{c^2}\right)$$

Also insgesamt: Lorentz-Transformation

$$\boxed{\begin{aligned} x &= \gamma(x' + vt'), \quad y = y', \quad z = z', \quad t = \gamma\left(t' + \frac{vx'}{c^2}\right) \\ x' &= \gamma(x - vt), \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right) \end{aligned}}$$