

7.1 Das Relativitätsprinzip

MICHELSON-MORLEY-EXPERIMENT

Widerlegung der Äther-Theorie mithilfe eines Interferometers. Zur Deutung der Ergebnisse entstanden die LORENTZ-Transformation und die EINSTEIN'schen Postulate.

EINSTEIN'SCHE POSTULATE

1. Relativitätsprinzip: Die Naturgesetze haben in allen Inertialsystemen die gleiche Form.
2. Die (Vakuum-) Lichtgeschwindigkeit c_0 ist unabhängig von der Wahl des Inertialsystems in allen Richtungen gleich.

WICHTIGE ABKÜRZUNGEN

- Geschwindigkeit relativ zur Lichtgeschwindigkeit: $\beta = \frac{v}{c}$
- Lorentz-Faktor: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ mit

$$\gamma \approx 1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} = 1 + \frac{1}{2} \beta^2 \quad \text{für } \beta = \frac{v}{c} \ll 1$$

RELATIVITÄT DER GLEICHZEITIGKEIT

Die Zeit hängt von der Wahl des Inertialsystems ab. Nur Uhren, die im selben Inertialsystem ruhen, können synchronisiert werden.

ZEITDILATATION

Von einem ruhenden Koordinatensystem aus betrachtet, vergeht die Zeit in einem bewegten Koordinatensystem langsamer:

$$t' = \frac{1}{\gamma} t = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} t \approx \left(1 + \frac{\beta^2}{2}\right) t = \left(1 + \frac{v^2}{2c^2}\right) t \quad \text{für } \beta = \frac{v}{c} \ll 1$$

LÄNGENKONTRAKTION

In einem relativ zu einem Objekt bewegten Inertialsystem ist die Länge L' in Bewegungsrichtung kürzer als die Eigenlänge L des Objekts im unbewegten System:

$$L' = \frac{L}{\gamma} = L \cdot \sqrt{1 - \beta^2} = L \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

RELATIVISTISCHER DOPPLER-EFFEKT

$$f = \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}} f' \quad \text{bzw.} \quad \lambda = \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}} \lambda'$$