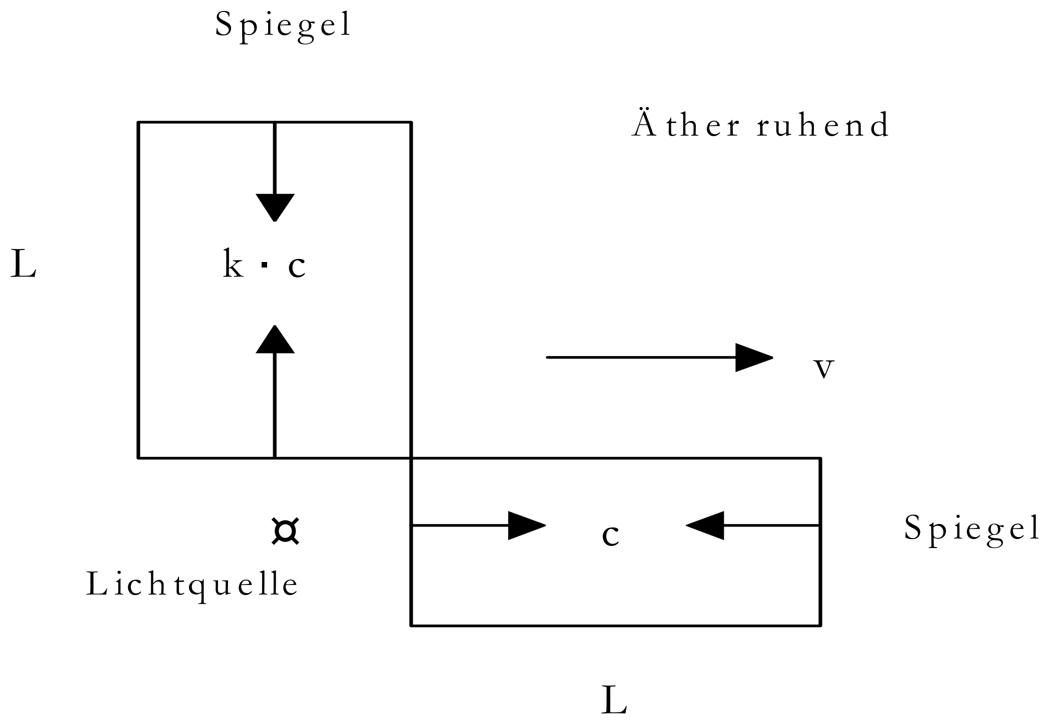
MICHELSON-MORLEY-EXPERIMENT

Elektromagnetische Wellen im Äther



Die Messapparatur (Interferometer) aus Lichtquelle, je einen zur Bewegungsrichtung parallelen und senkrechten Tubus der Länge L bewegt sich mit der Geschwindigkeit v im ruhenden Äther. Der Lichtstrahl mit der Lichtgeschwindigkeit c im parallelen Tubus wird am Ende reflektiert und die Zeit bis zum Eintreffen am Anfang gemessen. Der Lichtstrahl mit der Geschwindigkeit $k \cdot c$ im senkrechten Tubus wird am Ende reflektiert und die Zeit bis zum Eintreffen am Anfang gemessen. Der Faktor k ergibt sich aus dem Pythagoras $(k \cdot c)^2 + v^2 = c^2$, da sich der Lichtstrahl im ruhenden Äther mit der Lichtgeschwindigkeit c fortpflanzt.

Die Laufzeiten $t_{\mathrm{S,H}}$ und $t_{\mathrm{S,Z}}$ des Lichts im senkrechten (S) Tubus hin (H) bis zum Reflektor (Spiegel) und zurück (Z) bis an den Anfang des Tubus:

$$k \cdot c \cdot t_{\mathrm{S,H}} = L \quad \text{und} \quad k \cdot c \cdot t_{\mathrm{S,Z}} = L$$

Die gesamte Laufzeit t_{S} des Lichts im senkrechten Tubus:

$$t_{\mathrm{S}} = t_{\mathrm{S,H}} + t_{\mathrm{S,Z}} = \frac{2 \cdot L}{k \cdot c} = \frac{2 \cdot L}{c \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Die Laufzeiten $t_{\mathrm{P,H}}$ und $t_{\mathrm{P,Z}}$ des Lichts im parallelen (P) Tubus hin (H) bis zum Reflektor (Spiegel) und zurück (Z) bis an den Anfang des Tubus:

$$(c - v) \cdot t_{\mathrm{P,H}} = L \quad \text{und} \quad (c + v) \cdot t_{\mathrm{P,Z}} = L$$

Die gesamte Laufzeit t_{P} des Lichts im parallelen Tubus:

$$t_{\mathrm{P}} = t_{\mathrm{P,H}} + t_{\mathrm{P,Z}} = \left(\frac{1}{c - v} + \frac{1}{c + v}\right) \cdot L = \frac{2 \cdot L}{c \cdot (1 - v^2/c^2)}$$

Somit gilt $t_{\mathrm{P}} > t_{\mathrm{S}}$ für $0 < v < c$. Die Laufzeit des Lichts im parallelen Tubus ist immer größer als die Laufzeit im senkrechten Tubus.

Angenommen das Sonnensystem ruht im Äther und die Erde bewegt sich mit $v = 30\,km/s$ um die Sonne und die Lichtgeschwindigkeit beträgt $c = 300.000\,km/s$. Dann gilt:

$$t_{\mathrm{P}} = \frac{2 \cdot L}{c \cdot (1 - v^2/c^2)} = \frac{2 \cdot L}{c \cdot (1 - 10^{-8})} \approx \frac{2 \cdot L}{c} \cdot (1 + 10^{-8})$$

$$t_{\mathrm{S}} = \frac{2 \cdot L}{c \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{2 \cdot L}{c \cdot \sqrt{1 - 10^{-8}}} \approx \frac{2 \cdot L}{c} \cdot \left(1 + \frac{1}{2} \cdot 10^{-8}\right)$$

Die Laufzeitdifferenz des Lichts beträgt $t_{\mathrm{P}} - t_{\mathrm{S}} \approx (L/c) \cdot 10^{-8}$. Im Interferometer wurde mit hoher Präzision kein Unterschied des Interferenzmusters bei einer Drehung um 90 Grad gemessen.

Elektromagnetische Wellen benötigen keinen Äther!

Spezielle Relativitätstheorie (SRT)

Die SRT beschreibt das Experiment mittels der *Eigenzeit* τ (Zeitdilatation, Zeitdehnung), d.h. „Bewegte Uhren gehen langsamer“ aus der Sicht des ruhenden Beobachters, und mittels der Längenkontraktion L' von der *Eigenlänge* L, d.h. „Bewegte Längen sind in der Bewegungsrichtung kürzer“ aus der Sicht des ruhenden Beobachters:

$$\tau = t \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad \text{und} \quad L' = L \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

Die Wegstrecke des Lichts mit der Lichtgeschwindigkeit c im senkrechten Tubus ergibt sich aus dem Pythagoras $(k \cdot c \cdot t)^2 + (v \cdot t)^2 = (c \cdot t)^2$ zu $k \cdot c \cdot t = L$, da sich der Lichtstrahl für den ruhenden Beobachter mit der Lichtgeschwindigkeit c fortpflanzt.

Die Laufzeiten $t_{\mathrm{S,H}}$ und $t_{\mathrm{S,Z}}$ des Lichts im senkrechten (S) Tubus hin (H) bis zum Reflektor (Spiegel) und zurück (Z) bis an den Anfang des Tubus ergeben sich aus der Sicht des ruhenden Beobachters:

$$k \cdot c \cdot t_{\mathrm{S,H}} = L \quad \text{und} \quad k \cdot c \cdot t_{\mathrm{S,Z}} = L$$

Die gesamte Laufzeit t_{S} des Lichts im senkrechten Tubus aus der Sicht des ruhenden Beobachters:

$$t_{\mathrm{S}} = t_{\mathrm{S,H}} + t_{\mathrm{S,Z}} = \frac{2 \cdot L}{k \cdot c} = \frac{2 \cdot L}{c \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Die Eigenzeit des Lichts im senkrechten Tubus mit der Eigenlänge $c \cdot \tau = L$ aus der Sicht des mit der Messapparatur mitbewegten Beobachters:

$$\tau_{\mathrm{S}} = t_{\mathrm{S}} \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2} = \frac{2 \cdot L}{c}$$

Die Wegstrecke des Lichts mit der Lichtgeschwindigkeit c im parallelen Tubus ergibt sich aufgrund der Längenkontraktion von der Eigenlänge zu $(c \pm v) \cdot t = L'$, da sich der Lichtstrahl für den ruhenden Beobachter mit der Lichtgeschwindigkeit c fortpflanzt.

Die Laufzeiten $t_{\mathrm{P,H}}$ und $t_{\mathrm{P,Z}}$ des Lichts im parallelen (P) Tubus hin (H) bis zum Reflektor (Spiegel) und zurück (Z) bis an den Anfang des Tubus ergeben sich aus der Sicht des ruhenden Beobachters:

$$(c - v) \cdot t_{\mathrm{P,H}} = L' \quad \text{und} \quad (c + v) \cdot t_{\mathrm{P,Z}} = L'$$

Die gesamte Laufzeit t_{P} des Lichts im parallelen Tubus aus der Sicht des ruhenden Beobachters:

$$t_{\mathrm{P}} = t_{\mathrm{P,H}} + t_{\mathrm{P,Z}} = \left(\frac{1}{c - v} + \frac{1}{c + v} \right) \cdot L \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2} = \frac{2 \cdot L}{c \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Die Eigenzeit des Lichts im parallelen Tubus mit der Eigenlänge $c \cdot \tau = L$ aus der Sicht des mit der Messapparatur mitbewegten Beobachters:

$$\tau_{\mathrm{P}} = t_{\mathrm{P}} \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2} = \frac{2 \cdot L}{c}$$

Somit gilt $t_{\mathrm{P}} = t_{\mathrm{S}}$ für $0 \leq v < c$. Die Laufzeit des Lichts im parallelen Tubus ist immer gleich der Laufzeit im senkrechten Tubus aus der Sicht des ruhenden Beobachters.

Ebenso gilt $\tau_{\mathrm{P}} = \tau_{\mathrm{S}}$ für $0 \leq v < c$. Die Eigenzeit des Lichts im parallelen Tubus mit der Eigenlänge L ist immer gleich der Eigenzeit im senkrechten Tubus aus der Sicht des mit der Messapparatur mitbewegten Beobachters.

Weiterhin gilt $t_{\mathrm{P}} = t_{\mathrm{S}} > \tau_{\mathrm{P}} = \tau_{\mathrm{S}}$ für $0 < v < c$. Die Laufzeit des Lichts aus der Sicht des ruhenden Beobachters ist immer größer als die Eigenzeit des Lichts aus der Sicht des mit der Messapparatur mitbewegten Beobachters.

Damit ist das Resultat des Michelson-Morley-Experiments bestätigt. Für den mit der Messapparatur mitbewegten Beobachter ist die Lichtgeschwindigkeit in beiden Tuben konstant gleich c.

Beispiel:

Angenommen der Beobachter ruht im Sonnensystem und die Erde bewegt sich mit $v = 30\,{}^{km}\!/\!_{s}$ um die Sonne und die Lichtgeschwindigkeit beträgt $c = 300.000\,{}^{km}\!/\!_{s}$. Dann gilt:

$$k = \sqrt{1 - {}^{v^2}\!/\!_{c^2}} = \sqrt{1 - 10^{-8}} \approx 1 - \frac{1}{2} \cdot 10^{-8} = 0,999.999.995$$

Aus der Sicht des im Sonnensystem ruhenden Beobachters gehen die Uhren auf der Erde um den Faktor $k = 0,999.999.995$ langsamer, also in 100 Jahren um etwa 16 Sekunden. Die Längen auf der Erde sind in der Bewegungsrichtung um den Faktor $k = 0,999.999.995$ kürzer, also der Durchmesser der Erde am Äquator um etwa $6,4$ Zentimeter.

Anleitung:

"Spezielle Relativitätstheorie" von der Humboldt Universität Berlin

https://www.physik.hu-berlin.de/de/nano/lehre/folder_pk2/6SRT1/view