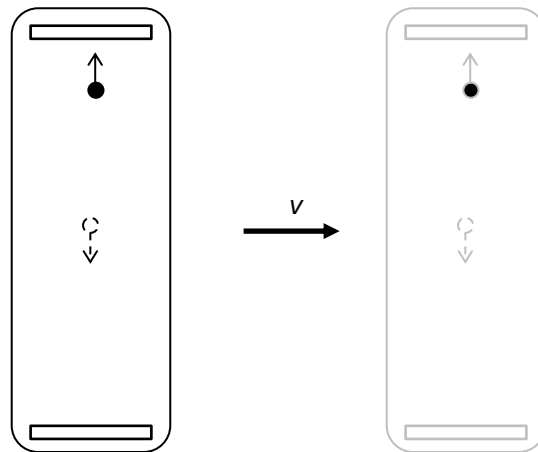


Die Lichtuhr

Bei der Lichtuhr handelt es sich um ein sogenanntes Gedankenexperiment – ein Experiment das wir nicht in der Wirklichkeit, sondern in unserer Vorstellung durchführen. Die Lichtuhr besteht aus zwei Spiegeln, zwischen denen ein Photon (ein masseloses «Lichtteilchen») hin und her reflektiert wird (siehe Abbildung).

Nun stellen wir uns vor, dass die Lichtuhr sich mit der Geschwindigkeit v an uns vorbeibewegt, von links nach rechts.



Wir beschreiben die Bewegung des Photons aus zwei Gesichtspunkten (relativ zu zwei verschiedenen Inertialsystemen):

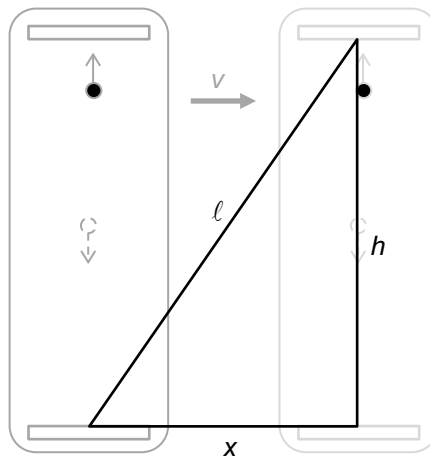
- (1) In Bezug auf ein Inertialsystem, das sich mit der Lichtuhr mitbewegt. In diesem Inertialsystem ruht die Lichtuhr. (Wird auch «bewegter Beobachter» genannt)
- (2) In Bezug auf ein Inertialsystem, das ruht. In diesem Inertialsystem bewegt sich die Lichtuhr mit der Geschwindigkeit v von links nach rechts. (Wird auch «ruhender Beobachter» genannt)

1. Wie bewegt sich das Photon, während es vom «unteren» zum «oberen» Spiegel geht? Kreuze an.

| relativ zum Inertialsystem, in dem die Lichtuhr ruht («bewegter Beobachter») | relativ zum Inertialsystem, in dem sich die Lichtuhr bewegt («ruhender Beobachter») |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> auf einer senkrechten Linie von unten nach oben | <input type="checkbox"/> auf einer senkrechten Linie von unten nach oben |
| <input type="checkbox"/> auf einer waagrechten Linie von links nach rechts | <input type="checkbox"/> auf einer waagrechten Linie von links nach rechts |
| <input type="checkbox"/> auf einer schrägen Linie von links unten nach rechts oben | <input type="checkbox"/> auf einer schrägen Linie von links unten nach rechts oben |

2. Hier ist h der Abstand zwischen den beiden Spiegeln und x der Weg, den die Lichtuhr relativ zu (2) («ruhender Beobachter») zurücklegt, während das Photon vom «unteren» zum «oberen» Spiegel geht. Welcher Strecke legt das Photon zurück? Kreuze an.

| relativ zum Inertialsystem, in dem die Lichtuhr ruht (bewegt sich mit der Uhr mit) | relativ zum Inertialsystem, in dem sich die Lichtuhr bewegt |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> ℓ | <input type="checkbox"/> ℓ |
| <input type="checkbox"/> h | <input type="checkbox"/> h |
| <input type="checkbox"/> x | <input type="checkbox"/> x |



3. Was würde passieren, wenn wir «klassisch» denken, das heisst *ohne* Einstein'sche Postulate?

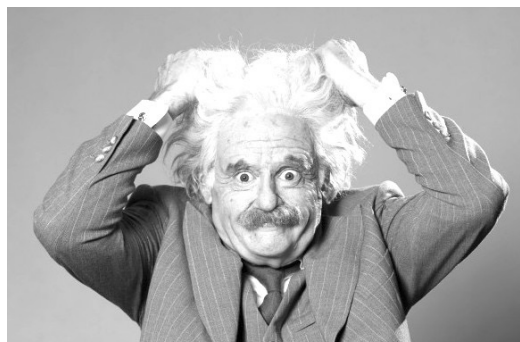
Das Photon bewegt mit der Lichtgeschwindigkeit c . Es legt aber in dem Inertialsystem, aus dessen Sicht sich die Uhr bewegt, die Strecke ℓ zurück und aus der Sicht des Systems in dem die Uhr ruht, die Strecke h zurück. Dafür sollte es eigentlich in beiden Inertialsystemen gleich lang brauchen.

$$\text{Es gilt Geschwindigkeit} = \frac{\text{zurückgelegte Strecke}}{\text{verstrichene Zeit}}.$$

Was bedeutet das für die Lichtgeschwindigkeit in den beiden Inertialsystemen? Kreuze an.

- Die Lichtgeschwindigkeit ist grösser im Inertialsystem, in dem die Uhr ruht (das sich mit der Uhr mitbewegt)
- Die Lichtgeschwindigkeit ist grösser im Inertialsystem, in dem sich die Uhr bewegt (aus dessen Sicht man die Bewegung der Uhr beobachtet)

Das geht natürlich gar nicht!



4. Einsteins Lösung: Wir lassen die Idee fallen, dass die Zeit in beiden Inertialsystemen gleich schnell vergehen soll. Wenn die Geschwindigkeit in beiden Inertialsystemen gleich gross ist, dann muss für eine grössere Strecke mehr Zeit zur Verfügung stehen.

Es sei: Δt_0 : Die Zeit, die im Inertialsystem gemessen wird, in dem die Lichtuhr ruht (das sich mit der Lichtuhr mitbewegt)

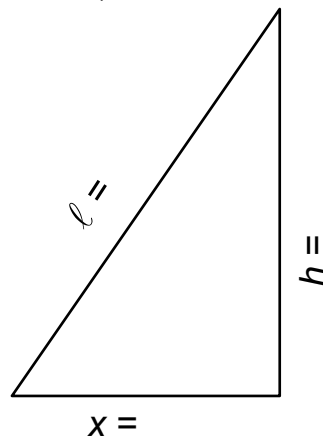
Δt : Die Zeit, die im Inertialsystem gemessen wird, in dem sich die Lichtuhr bewegt (aus der Sicht von jemandem, der die Bewegung der Uhr von aussen beobachtet)

- a) Vervollständige in der Abbildung die Gleichungen. Verwende den Zusammenhang *Strecke = Geschwindigkeit mal Zeit*
Achte auf die richtigen Bezeichnungen! Unterscheide gut zwischen Δt und Δt_0 !

h ist die Strecke, die das Photon mit der Geschwindigkeit c im Inertialsystem, in dem die Lichtuhr ruht, zurücklegt (aus der Sicht eines Beobachters, der mit der Lichtuhr mitfährt)

ℓ ist die Strecke, die das Photon mit der Geschwindigkeit c im Inertialsystem, in dem sich die Lichtuhr bewegt, zurücklegt (aus der Sicht von jemandem, der die Bewegung der Uhr von aussen beobachtet)

x ist die Strecke, die die Lichtuhr mit der Geschwindigkeit v im Inertialsystem, in dem sich die Lichtuhr bewegt, zurücklegt (aus der Sicht von jemandem, der die Bewegung der Uhr von aussen beobachtet)



- b) Dank unseres guten alten Freundes Pythagoras gibt es eine Gleichung für den Zusammenhang zwischen ℓ , x und h :

$$\ell^2 =$$

- c) Ersetze ℓ , x und h in der Gleichung b) durch das, was auf der rechten Seite der Gleichheitszeichen in der Skizze a) steht.
- d) Löse die gefundene Gleichung nach Δt auf. Vergleiche deine Lösung mit der Formel für die Zeitdilatation in «FoTaBe» (S. 181). Vielleicht musst du noch ein bisschen umformen.