

# Theoretische Physik I: Klassische Mechanik - Präsenzübung

Prof. Dr. Guy Moore



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Sommersemester 2022  
Übungsblatt 12

---

## Aufgabe 12.1: Uhren synchronisieren.

---

Betrachten Sie Bob in seinem Eisenbahnwagen der Länge  $L$ . Es gibt eine Uhr an der Vorderseite des Waggons und an der Rückseite des Waggons, und eine in der Mitte des Waggons, wo Bob bleibt. Bob möchte die Uhren synchronisieren, zumindest in seinem Bezugssystem.

Im ersten Ansatz sendet Bob einen Lichtblitz zu jeder Uhr, der sich mit Lichtgeschwindigkeit  $c$  bewegt. Die Uhren werden in dem Moment auf  $t = 0$  gesetzt, in dem der Blitz ankommt. Zum selben Zeitpunkt  $t = 0$  senden die Uhren einen Blitz zurück zu Bob. Bob misst die Gesamtzeit, die zwischen dem Abschicken und dem Wiederkommen des Blitzes vergeht:  $\Delta t$ . In dem Moment, in dem die beiden Blitze zurückkehren, stellt er seine Uhr auf die Zeit  $t = \Delta t/2$ .

---

### 12.1a)

---

Zeigen Sie, dass aus Bobs Perspektive alle Uhren  $t = \Delta t/2$  zeigen zu dem Zeitpunkt, an dem das Licht zu Bobs Uhr zurückkehrt. Was ist der Wert von  $\Delta t$ ?

---

### 12.1b)

---

Alice bewegt sich mit der Geschwindigkeit  $-v$  relativ zu Bob (oder Bob bewegt sich mit der Geschwindigkeit  $+v$  relativ zu Alice). Wie sehr unterscheiden sich in Alices Bezugssystem die beiden Zeiten, nämlich wenn die Uhr an der Rückseite von Bobs Eisenbahnwagen auf  $t = 0$  gesetzt wird und wenn die Uhr an der Vorderseite des Eisenbahnwagens auf  $t = 0$  gesetzt wird.

Bob macht sich Sorgen darüber, sich auf Licht zu verlassen. Daher entscheidet er sich, sich stattdessen auf einen Masterstudenten zu verlassen. Bob hat zwei Masterstudenten mit Skateboards, die sich mit exakt der gleichen Geschwindigkeit  $v'$  bewegen können, welche sich von der Lichtgeschwindigkeit unterscheidet (kleiner ist). Bob sendet die beiden Masterstudenten los Richtung der beiden Uhren. Jeder setzt die Uhr auf  $t = 0$  in dem Moment, in dem er/sie sie erreicht und dreht dann um und geht zurück zu Bob, immer noch mit der Geschwindigkeit  $v'$ . Zu dem Zeitpunkt, an dem die Studenten Bob erreichen vermerkt er die Gesamtzeit  $\Delta t$ , die sie benötigten, und stellt seine Uhr auf  $\Delta t/2$ .

---

### 12.1c)

---

Zeigen Sie, dass aus Bobs Perspektive in diesem Moment alle drei Uhren  $t = \Delta t/2$  zeigen, sodass das auch ein Weg ist Uhren zu synchronisieren. Was ist der Wert von  $\Delta t$ ?

Betrachten sie dieses Verfahren aus Alices Perspektive.

---

### 12.1d)

---

Was sind die Geschwindigkeiten der beiden Masterstudenten während sie losfahren, um die Uhren zu erreichen, in

Alices Bezugssystem? Denken Sie daran die Formel zur Addition von Geschwindigkeiten zu verwenden.

---

12.1e)

---

Was ist der Zeitunterschied zwischen wenn der Masterstudent an der Rückseite des Zuges die Uhr auf  $t = 0$  stellt und wenn der Masterstudent an der Vorderseite des Zuges das tut? Ist das der selbe Unterschied, den Sie mittels Licht gefunden haben? Bedenken Sie, dass sich die Studenten und der Zug bewegen, und dass der Zug längenkontrahiert ist.

---

12.1f)

---

Zeigen Sie, dass der Zeitunterschied zwischen den drei Uhren in Alices Perspektive genau der gleiche ist, als wenn Bob Licht verwendet hätte – unabhängig davon, welchen Wert  $v'$  hat.

---

12.1g)

---

Was können wir für die Relativität der Gleichzeitigkeit schließen? Hängt sie von der Verwendung von Licht zur Koordination der Uhren ab, oder ist sie allgemeiner?